



NÚMERO: 245/2011

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
POLÍTICA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA**

MARTHA DELPHINO BAMBINI

**INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E ORGANIZACIONAL EM AGROMETEOROLOGIA:
ESTUDO DA DINÂMICA DA REDE MOBILIZADA PELO SISTEMA AGRITEMPO**

Dissertação apresentada ao Instituto de Geociências como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Política Científica e Tecnológica.

Orientador: Prof. Dr. André Tosi Furtado

CAMPINAS - SÃO PAULO

Março – 2011

**Catálogo na Publicação elaborada pela Biblioteca
do Instituto de Geociências/UNICAMP**

B219i Bambini, Martha Delphino.
Inovação tecnológica e organizacional em agrometeorologia : estudo da
distância da rede mobilizada pelo sistema Agritempo / Martha Delphino
Bambini-- Campinas,SP.: [s.n.], 2011.

Orientador: André Tosi Furtado.

**Dissertação (mestrado) Universidade Estadual de Campinas,
Instituto de Geociências.**

1. Inovação. 2. Redes tecno-econômicas. 3. Agrometeorologia. 4.
Tecnologia da informação e comunicação. 5. Pesquisa agropecuária. I.
Furtado, André Tosi. II. Universidade Estadual de Campinas, Instituto de
Geociências. III. Título.

CRS

Título em inglês: Organizational and technological innovation in Agrometeorology : study of the
dynamics of the network mobilized by Agritempo system .

.Keywords: - Innovation;
- Techno-economics networks;
- Agrometeorology;
- Information technology and communication;
- Agricultural research.

Área de concentração:

Titulação: Mestre em Política Científica e Tecnológica.

Banca examinadora: - André Tosi Furtado;
- Maria Beatriz Machado Bonacelli;
- Thales Haddad Novaes de Andrade.

Data da defesa: 22/03/2011

Programa de Pós-graduação em PC&T – Política Científica e Tecnológica



UNICAMP

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM
POLÍTICA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA

AUTORA: Martha Delphino Bambini

“Inovação Tecnológica e Organizacional em Agrometeorologia: Estudo da Dinâmica da Rede Mobilizada pelo Sistema Agritempo”

ORIENTADOR: Prof. Dr. André Tosi Furtado

Aprovada em: 22 / 03 /2011

EXAMINADORES:

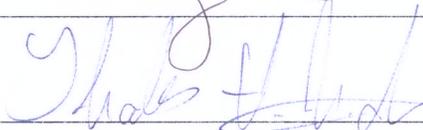
Prof. Dr. André Tosi Furtado


_____ - Presidente

Profa. Dra. Maria Beatriz Machado Bonacelli



Prof. Dr. Thales Haddad Novaes de Andrade



Campinas, 22 de março de 2011.

AGRADECIMENTOS

Tenho muito a agradecer.

Agradeço à Embrapa pela oportunidade de participar do programa de pós-graduação da empresa, que me proporcionou a aquisição de valiosos conhecimentos e experiências a serem aplicadas quando de meu retorno às minhas atividades de trabalho.

Agradeço ao Professor André Furtado pela paciência, disponibilidade e atenção com que me orientou, em meio às suas atribuladas atividades de professor, pesquisador e Diretor Associado. Foi graças às nossas discussões e reflexões, que o trabalho foi adquirindo corpo e se transformando nesta dissertação.

Agradeço aos professores do Departamento de Política Científica e Tecnológica, pelo interesse e incentivo e pela disponibilidade em responder a dúvidas, compartilhando conosco suas visões sobre variadas as questões que permeiam a geração de inovações e conhecimentos.

Agradeço ao Professor Ricardo Castillo pelas sugestões de melhoria e pelos comentários construtivos que efetuou durante a Qualificação contribuindo para o desenvolvimento deste trabalho. Agradeço em especial à Professora Maria Beatriz Bonacelli, pela revisão atenta da documentação da Qualificação e pelos pertinentes comentários e observações em relação ao trabalho. De mesmo modo, agradeço suas contribuições durante a Defesa desta dissertação.

Ao Professor Thales de Andrade, da UFSCAR, agradeço sua disponibilidade em participar da banca de Defesa, contribuindo com seus comentários e experiência para o aperfeiçoamento deste trabalho.

Agradeço a todos os técnicos e pesquisadores entrevistados durante a coleta de dados. Estes indivíduos disponibilizaram preciosos instantes de seu tempo para o desenvolvimento desta pesquisa. Seja presencialmente, por telefone ou através de questionários, eles compartilharam conhecimentos e experiências em relação ao caso estudado e sobre temas gerais relacionados a agrometeorologia, inovação, pesquisa agropecuária, redes e criação de conhecimento.

Agradeço aos colegas da turma de 2009 da pós do DPCT, pela amizade, pelos comentários e discussões em sala de aula, pelas trocas de informações, de textos e publicações e, é claro, pelos bons momentos nos eventos sociais. Foi uma convivência muito agradável, que, espero, se transforme em relacionamentos duradouros. Aos colegas da Sala 03 e da Sala 17 do Prédio da Pós-Graduação do IG, agradeço as conversas no intervalo do café, dividindo o adoçante e

compartilhando bolos, sequilhos e bolachinhas. Foi muito bom interagir com vocês e trocar experiências, de forma descontraída, entre a leitura de um artigo e outro. Um agradecimento especial aos colegas pós-graduandos que atuam com Pesquisa Agropecuária em empresas estaduais ou federais. Este foi um grupo que promoveu discussões interessantes e proveitosas em sala de aula e também nos momentos do café. Foi muito bom aprender com os “causos” dos colegas, exemplificando os conteúdos discutidos durante as disciplinas.

Às secretárias Adriana, Val, Gorete e equipe, agradeço a atenção, o cuidado e a competência com que sempre nos atenderam, sempre criando um ambiente agradável, de amizade e carinho, tornando nosso trabalho menos árduo.

Agradeço a vários colegas da Embrapa Informática Agropecuária. Muitos colegas contribuíram para a concretização desta dissertação, seja revisando meu projeto, fornecendo informações e contribuições, auxiliando na coleta de dados ou participando de entrevistas. Aos colegas do Setor de Gestão de Pessoas agradeço a orientação em relação aos procedimentos do programa de pós-graduação da empresa. Não vou nominar a todos para evitar constrangimentos pelo esquecimento de algum nome, por pura falta de memória desta maestranda.

Agradeço aos amigos a paciência em ouvir e trocar idéias em relação ao processo de elaboração e conclusão deste trabalho e também por entenderem minhas ausências para concluir esta dissertação.

Minha família teve papel essencial para a concretização deste trabalho; o apoio incondicional de meus pais em momentos difíceis fizeram toda a diferença. E, por fim, mas não menos importante, agradeço ao José Afonso, meu marido, por sua paciência em realizar infinitas leituras em meu projeto, por sua compreensão em relação aos meus fins de semana de estudo, pelo seu apoio em todas as situações, enfim, pelo seu amor.

Obrigada!

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO - Panorama da pesquisa	1
CAPÍTULO 1 – Evolução histórica do setor Meteorológico, processo de institucionalização e panorama do campo da Agrometeorologia.....	9
Introdução.....	11
1.1 Historiografia do campo científico da Meteorologia.....	12
1.2 Evolução da história da Meteorologia: período especulativo, empírico e moderno.....	14
1.2.1 O Período Empírico: desenvolvimento de instrumentos e observações.....	15
1.2.2 A Meteorologia Moderna.....	18
1.3 Análise histórica da Meteorologia: aspectos organizacional e institucional.....	22
1.3.1 A formação de redes de observação meteorológica.....	23
1.3.2 Redes de observação e implicações organizacionais e institucionais	25
1.3.3 Evolução tecnológica e progressos na Meteorologia: estações de observação, computadores e rede de telecomunicações.	28
1.4 Processo de institucionalização da Meteorologia no Brasil.....	32
1.5 O campo científico da Agrometeorologia	43
1.5.1 Informações agrometeorológicas: evolução tecnológica e disponibilidade.....	45
1.5.2 Desenvolvimento da Agrometeorologia no Brasil	49
CAPÍTULO 2: Inovação, Redes e Conhecimento.....	55
Introdução	57
2.1 Processo inovativo, Redes e Coordenação	60
2.2 Rede Tecno-Econômica e instrumentos de análise associados	63

2.3 Redes, Conhecimento e Tecnologias de Informação e Comunicação	71
2.3.1 Conhecimento e suas dimensões	75
2.3.2 Contribuição das Tecnologias de Informação e Comunicação para a criação de novos conhecimentos	78
2.3.3 Modelo dinâmico de criação de conhecimento: processo, contexto e liderança ...	81
CAPÍTULO 3: Geração de inovações e criação de conhecimento em agrometeorologia: análise da dinâmica da rede mobilizada pelo Sistema Agritempo.....	89
Introdução	91
3. O sistema Agritempo e a geração de inovações	93
3.1 Iniciativas antecedentes ao Agritempo	96
3.1.1 Desenvolvimento do Zoneamento Agrícola de Riscos Climáticos	97
3.1.2 Estrutura de projetos da Embrapa: o Sistema Embrapa de Gestão.....	106
3.2 Unidade de análise: a rede mobilizada pelo Sistema Agritempo	109
3.2.1 Inovações em Agrometeorologia	115
3.2.2. Sistema Agritempo: competências necessárias ao seu desenvolvimento e processo de conversão de conhecimentos.....	118
3.2.3. Funcionalidades e módulos do sistema	127
3.3 Rede inter-organizacional mobilizada pelo sistema Agritempo	133
3.3.1 Dinâmica da Rede Tecno-Econômica mobilizada pelo Sistema Agritempo	142
3.3.2 Intermediários gerados pela rede	149
3.3.3 Durabilidade do arranjo formado: irreversibilização e geração de <i>spin-offs</i>	151
3.3.4 Análise da morfologia da rede	153
CONCLUSÕES	165
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	175
ANEXO I - Resultados da pesquisa documental	185

ANEXO II - Relação de entrevistas e consultas efetuadas durante a pesquisa	191
ANEXO III - Roteiros genéricos de entrevistas e modelo do questionário aplicado	197
ANEXO IV - Funcionalidades e módulos do sistema Agritempo	205
ANEXO V - Relação das organizações que integram a rede mobilizada pelo Sistema Agritempo	213

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: Pólos de uma Rede Tecno-Econômica	67
Figura 2.2: Processo SECI e a espiral do conhecimento	84
Figura 3.1: Líderes, dimensões e atores envolvidos no Zoneamento Agrícola em 1995	105
Figura 3.2: Tela inicial do Sistema de Monitoramento Agrometeorológico – Agritempo ...	110
Figura 3.3: Rede de parceiros inicial do projeto em 2002	112
Figura 3.4: Circulação e processamento de dados a fim de gerar informações e conhecimentos em agrometeorologia	121
Figura 3.5: Rede física de estações meteorológicas associada ao sistema Agritempo	126
Figura 3.6: Mapas de monitoramento e previsão para o estado do Ceará	129
Figura 3.7: Composição de NDVI quizenal para o estado de São Paulo	131
Figura 3.8: Figura inicial do <i>website</i> Meteorologia para Agricultura	132
Figura 3.9: Parceiros envolvidos, etapas promovidas, fluxo de dados e usuários	134
Figura 3.10: Relacionamentos estabelecidos na Rede Tecno- Econômica, centralizados pela Embrapa Informática Agropecuária e o Cepagri/ Unicamp	144
Figura 3.11: Pólos científico, tecnológico e mercado da rede mobilizada pelo sistema Agritempo	145
Figura 3.12: Pólo mercado: atores envolvidos, produtos consultados e fluxos monetários estabelecidos	147

LISTA DE QUADROS

Quadro 1.1: Cenário da Meteorologia Brasileira na década de 1960	36
Quadro 2.1: Categorias de intermediários de uma RTE	66
Quadro 2.2: Indicadores utilizados para avaliar a morfologia de uma rede tecno-econômica	71
Quadro 3.1: Categorias de intermediários da rede analisada	150
Quadro 3.2: Indicadores de morfologia da RTE mobilizada pelo sistema Agritempo	163

SIGLAS

AGRITEMPO – Sistema de Monitoramento Agrometeorológico

ANA - Agência Nacional de Águas

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica

APTA – Agência Paulista dos Agronegócios

AVHRR - *Advanced Very High Resolution Radiometer*

CEPAGRI - Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura...

CEPLAC - Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira

CEMIG - Companhia Energética de Minas Gerais

CER - Comissão Especial de Recursos

CIIAgro - Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas

CNPA - Conselho Nacional de Política Agrícola

CNPTIA - Centro Nacional de Pesquisa Tecnológica em Informática para a Agricultura

COAG - Comitê de Agricultura da FAO

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento

CONAME - Comissão Nacional de Meteorologia

CMCH - Comissão de Coordenação das Atividades da Meteorologia, Climatologia e Hidrologia

CMN - Conselho Monetário Nacional

CPTEC - Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos

DAEE - Departamento de Águas e Energia Elétrica

DECEA - Departamento de Controle do Espaço Aéreo

DHN - Diretoria de Hidrografia e Navegação

DISME - Distritos de Meteorologia

EBDA - Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola

EDI - *Electronic Data Interchange*

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EPAGRI- Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
ESALQ – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”
EP - *Extreme Programming*
FAB - Força Aérea Brasileira
FAO - *Food and Agriculture Organization*
FALDA - Federação das Associações Latino-Americanas de Agrometeorologia
FBDS - Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável
FEAGRI - Faculdade de Engenharia Agrícola
FEC - Fundação Educadora de Comunicação
FEPAGRO - Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária
FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos
GTMM - Grupo de Trabalho Misto de Meteorologia
IAC - Instituto Agronômico de Campinas
IAPAR - Instituto Agronômico do Paraná
IPCC - Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas
IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
ITEP-OS - Associação Instituto de Tecnologia de Pernambuco (Organização Social)
IZ - Instituto de Zootecnia
JAXA - Agência de Exploração Espacial Japonesa
JNWPU - *Joint Numerical Weather Prediction Unit*
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INGA - Instituto de Gestão de Águas e Clima
INMET - Instituto Nacional de Meteorologia
INPE – Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais
INSAM - Sociedade Internacional de Meteorologia Agrícola
MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MCT – Ministério da Ciência e Tecnologia

MDA – Ministério do Desenvolvimento Agrário

NASA - *National Aeronautics and Space Administration*

NDVI - *Normalized Difference Vegetation Index*

NOAA - *National Oceanic Atmospheric Administration*

ONU – Organização das Nações Unidas

PROAGRO - Programa de Garantia da Atividade Agropecuária

RBA - Revista Brasileira de Agrometeorologia

RIPA – Rede de Inovação para o Agronegócio

RNA - Rede Nacional de Agrometeorologia

RTE – Rede Tecno-Econômica

SAPRE - Sistema de Avaliação e Premiação por Resultados da Embrapa

SBA - Sociedade Brasileira de Agrometeorologia

SBMET- Sociedade Brasileira de Meteorologia

SBPC - Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência

SEAF - Seguro da Agricultura Familiar

SECI – Socialização, Externalização, Combinação Internalização

SEDAM - Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental do Estado de Rondônia

SEG – Sistema Embrapa de Gestão

SENAMHI- *Servicio Nacional de Hidrologia e Meteorologia del Peru*

SEPLAN - Secretaria de Planejamento do Estado de Sergipe

SIDRA - Sistema de Recuperação Automática

SIG - Sistema de Informação Geográfica

SNPA - Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária

SOMAR – *Southern Marine Weather Services S/S Ltda*

SPA - Secretaria de Política Agrícola

SPI - *Standardized Precipitation Index*

TI – Tecnologia de Informação

TICs - Tecnologias de Informação e Comunicação

TRMM - *Tropical Rainfall Measuring Mission* - da NASA.

UFP - Universidade Federal de Pelotas

UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas

USP – Universidade de São Paulo

UNESP – Universidade Estadual Paulista

WMO – *World Meteorological Organization*

ZARC - Zoneamento Agrícola de Risco Climático



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
POLÍTICA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA

**INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E ORGANIZACIONAL EM AGROMETEOROLOGIA:
ESTUDO DA DINÂMICA DA REDE MOBILIZADA PELO SISTEMA AGRITEMPO.**

RESUMO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Martha Delphino Bambini

O objetivo deste trabalho é promover um estudo descritivo e analítico do processo de geração de inovações e criação de conhecimento em rede envolvendo a interação de competências, conhecimentos e recursos de atores heterogêneos como instituições públicas de pesquisa, universidades, empresas privadas, órgãos governamentais e indivíduos. Esta pesquisa, de caráter qualitativo, foi desenvolvida por intermédio de um estudo de caso que teve por unidade de análise a rede mobilizada pelo Sistema de Monitoramento Agrometeorológico – Agritempo, um sistema de base *web* que disponibiliza gratuitamente via Internet informações meteorológicas e agrometeorológicas com cobertura nacional.

O Agritempo, desenvolvido principalmente pela Embrapa Informática Agropecuária e pelo Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura – Cepagri, vinculado à Universidade Estadual de Campinas – Unicamp, mobiliza uma rede colaborativa de cerca de 40 instituições envolvendo o intercâmbio de dados meteorológicos, ações de pesquisa em agrometeorologia, geração de novas tecnologias como módulos e funcionalidades do sistema e disponibilização de informações como estudos e publicações científicas e os mapas das recomendações do Zoneamento Agrícola de Riscos Climáticos por estado, cultura e tipo de solo. Destaca-se a importância da utilização de múltiplas fontes de dados e de modernas tecnologias de informação e comunicação para o desenvolvimento de ações em meteorologia e agrometeorologia como atividades de previsão numérica do tempo e a geração de produtos agrometeorológicos.

Dentre os principais resultados deste trabalho estão o mapeamento da rede mobilizada e o estudo de sua dinâmica por intermédio do conceito de Rede Tecno-Econômica (CALLON, 1991;1992). Este estudo revelou a formação de um arranjo convergente que contempla um pólo científico bastante desenvolvido, interagindo fortemente com o pólo tecnológico e pólo mercado desta rede. Várias formas de coordenação são empregadas nesta rede como relações de confiança, ações de liderança institucional e individual e estruturas institucionais da Embrapa, permitindo a criação de um contexto favorável para a circulação de dados, informações e conhecimentos (tácitos e codificados) entre os parceiros e contribuindo para a geração de inovações e com a criação de novos conhecimentos no campo da agrometeorologia.

Palavras-chave: 1. Inovação. 2. Rede Tecno-Econômica 3. Agrometeorologia



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
POLÍTICA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA

ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL INNOVATION IN
AGROMETEOROLOGY: STUDY OF THE DYNAMICS OF THE NETWORK
MOBILIZED BY AGRITEMPO SYSTEM

ABSTRACT

MASTER DISSERTATION

Martha Delphino Bambini

The objective of this dissertation is to promote a descriptive and analytical study of the process of innovation generation and knowledge creation occurring in a heterogeneous network involving the exchange of skills, knowledge and resources of various actors such as public research institutions, universities, private companies, government agencies and individuals. This research, of qualitative nature, was conducted through a case study that had the network mobilized by the Agrometeorological Monitoring System – Agritempo as a unit of analysis. Agritempo is a web-based system that provides weather information covering Brazilian territory freely on the Internet.

Agritempo was mainly developed by Embrapa Informática Agropecuária and Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura – Cepagri of the Universidade Estadual de Campinas – Unicamp, and mobilizes a collaborative network of 40 organizations that exchange meteorological data, promote research initiatives in Agrometeorology, generate new technologies such as the system's modules and functionalities, and scientific publications. The system also indicates the recommendations of the Climate Risk Agricultural Zoning by state, crop and soil type. This research highlights the importance of using multiple data sources and modern information and communication technologies to develop activities in Meteorology and Agrometeorology domains such as numerical weather prediction and generation of agrometeorological products.

Among the main results of this work are the mapping of the network mobilized and the study of its dynamics through the concept of Techno-Economic Network (CALLON, 1991;1992). This study revealed a convergent arrangement which includes a highly developed scientific pole - interacting strongly with the technological pole and market pole of this network. Various forms of coordination are employed in this network such as confidence relationships, institutional and individual leadership and Embrapa's institutional structures, allowing the creation of an environment that favors the circulation of data, information and knowledge (tacit and codified) among the actors, contributing to innovation generation and to the creation of new knowledge in the agrometeorological field.

Key-words: 1. Innovation. 2. Techno-Economic Networks 3. Agrometeorology

INTRODUÇÃO

Panorama da Pesquisa

Autores de estudos relacionados à Economia e à Sociologia da Inovação vêm enfatizando desde a década de 1980, o caráter interativo, adaptativo e multifacetado do processo inovativo, fruto de decisões, negociações e intercâmbios efetuados em meio a arranjos heterogêneos compostos por vários interlocutores como institutos de pesquisa, universidades e empresas, dentre outras organizações. Estes arranjos – geralmente denominados redes – vem se estabelecendo como um importante *locus* do processo inovativo.

O principal objetivo desta dissertação é um **estudo descritivo e analítico do processo de geração de inovações em rede** envolvendo a interação de atores heterogêneos como instituições públicas de pesquisa, universidades, empresas, órgãos governamentais e usuários.

A pesquisa desenvolvida é de natureza qualitativa. Seu propósito é descrever, clarificar e explicar o caso selecionado (FIGUEIREDO, 2006). A pesquisa qualitativa direciona-se a captar atitudes, comportamentos e estratégias visando explicar como e por que ocorrem alguns fenômenos, como os relacionados à geração de inovações.

O método utilizado foi o **estudo de caso**, conforme Yin (2010), e a unidade de análise selecionada foi a rede de atores mobilizada em torno do Sistema de Monitoramento Agrometeorológico – Agritempo (2010). Este sistema informatizado disponibiliza, desde 2003, dados e informações agrometeorológicas na Internet para acesso de várias categorias de usuários como técnicos do Governo Federal, produtores e associações, cooperativas, instituições de pesquisa e universidades, secretarias de governo estaduais, empresas privadas, dentre outras.

Foram conduzidas 15 entrevistas presenciais, 12 entrevistas por telefone e recebidos 3 questionários, **totalizando 30 sujeitos consultados**.

Como objetivos específicos desta dissertação temos: o mapeamento da rede de atores mobilizada para o desenvolvimento e operacionalização do sistema Agritempo; a análise da dinâmica do processo inovativo em rede, por intermédio do conceito de Rede Tecno-Econômica e instrumentos de análise associados; e a análise do processo de criação e transformação de conhecimentos associado ao desenvolvimento de sistema informatizado.

Pretende-se, com este caso de estudo, somar-se às contribuições de Silva (2003) e Barboza (2002) que estudaram o setor Meteorológico sob a ótica das Ciências Humanas. A contribuição desta dissertação está associada à análise sócio-técnica de um arranjo coordenado de organizações atuando em Agrometeorologia – uma especialização da Meteorologia.

Considerando que o processo inovativo é influenciado pelo setor de atuação, este trabalho evidencia algumas características do setor de Meteorologia e Agrometeorologia a fim de contextualizar o caso estudado.

A Meteorologia é uma ciência relativamente jovem em que as principais contribuições científicas se dão a partir do século XVII com a invenção de equipamentos de coleta de dados. A organização institucional do setor evoluiu fortemente no século XIX com a proliferação de redes de observação meteorológica cuja comunicação era efetuada pelo telégrafo, inventado em 1850. No século XX, foram desenvolvidas as previsões numéricas do tempo embasadas na resolução de equações não triviais por intermédio de computadores inventados na segunda metade do século. Além disso, as tecnologias de informação passaram a contribuir para diversas etapas como a coleta e recepção de dados, seu armazenamento, processamento e disponibilização.

A rede mobilizada pelo sistema Agritempo envolve o esforço coordenado de mais de 40 organizações do setor Meteorológico e Agrometeorológico, mobilizando uma rede de 1.380 estações de observação meteorológicas.

Para o desenvolvimento e estruturação de uma base de dados com cobertura nacional foi necessário mobilizar competências, dados, equipamentos e recursos financeiros e promover a interação e coordenação entre atores heterogêneos, como instituições públicas de pesquisa, universidades, empresas, órgãos governamentais e usuários finais.

Desenvolvido a partir de um projeto de pesquisa financiado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa, o sistema Agritempo recebeu premiações pelo Sistema de Avaliação e Premiação por Resultados da Embrapa – SAPRE nos anos de 2004 e 2005 em função da qualidade técnica do trabalho executado, das parcerias firmadas e dos recursos captado.

Além disso, o sistema Agritempo foi pioneiro no fornecimento gratuito e *on-line* de informações agrometeorológicas com cobertura para o território brasileiro. Foi uma ação original, considerando que algumas organizações deste setor praticavam a venda de dados meteorológicos como forma de reverter recursos para a instituição.

Além disso, considerando as dificuldades de coordenação relacionadas às organizações do setor Meteorológicos dispersas entre o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA, Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT e a Marinha, uma iniciativa como o sistema Agritempo envolvendo uma ação coordenada de grande porte relacionada à Agrometeorologia, comprova a possibilidade de integração das organizações do setor para a obtenção de vários

resultados científicos, contribuindo para o estabelecimento de políticas públicas relacionadas ao setor agropecuário.

As informações e os dados agrometeorológicos disponibilizados pelo Sistema Agritempo são utilizados para a tomada de decisão ao nível da propriedade rural, para o desenvolvimento de estudos e pesquisas em agrometeorologia e para apoiar políticas públicas relacionadas ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA e à Secretaria da Agricultura Familiar – SEAF do Ministério do Desenvolvimento Agrário – MDA.

Para analisar esta experiência foram promovidas as seguintes etapas: definição dos **instrumentos de coleta** de dados (entrevistas por pautas presenciais, entrevistas por telefone e questionários por e-mail), seleção das **fontes de evidências**¹ (documentos, entrevistas presenciais, entrevistas por telefone, questionário, análise do artefato Agritempo); **mapeamento da rede de atores**; realização de entrevistas e envio de questionários; **análise** dos dados coletados com base na abordagem da Sociologia da Inovação (CALLON ET AL, 1992;1995) e na abordagem de Nonaka et al (2000) em relação ao processo de criação de conhecimento.

As fontes documentais estão descritas no Anexo I, os roteiros de entrevistas e questionário estão descritos no Anexo III. A relação dos entrevistados e dos respondentes dos questionários estão discriminadas no Anexo II - as entrevistas foram registradas em papel e posteriormente transcritas em formato eletrônico.

O mapeamento e análise das características da rede estudada foram efetuados por intermédio do arcabouço conceitual desenvolvido por Callon (1991; 1992) envolvendo o conceito de Rede Tecno-Econômica -RTE e dos instrumentos de análise da morfologia da rede a ele associados.

Segundo Callon (1991;1992), é possível analisar o processo inovativo ocorrendo na rede por intermédio do estudo da morfologia de uma RTE envolvendo aspectos como comprimento, encadeamento, grau de alinhamento e grau de convergência.

Nonaka et al (2000), por sua vez, consideram que o processo de geração de inovações está associado ao processo de aprendizado e de criação de novos conhecimentos. A análise do processo de desenvolvimento do sistema Agritempo possibilita a análise do processo de

1 Apesar do fato de se utilizar várias fontes de evidências ser mais custoso – tanto em termos financeiros quanto em horas de trabalho – esta estratégia permite o balanceamento entre diferentes fontes de evidências, possibilitando análises mais consistentes.

conversão de conhecimento empreendido envolvendo etapas como socialização, externalização, internalização e combinação.

A análise da rede, por sua vez, evidencia os conhecimentos criados na forma de tecnologias (como o próprio sistema), protótipos, artigos e outros documentos de trabalho – chamados de intermediários desta Rede Tecno-Econômica.

Os resultados deste trabalho evidenciam a relevância do estabelecimento de múltiplas formas de coordenação a fim de promover a convergência do arranjo formado para a operacionalização do Agritempo de forma a criar um contexto favorável para a geração de novos conhecimentos e inovações. Destaca-se a importância da liderança no processo de geração de inovações em rede, tanto do ponto de vista institucional - representada pela dominância da Embrapa Informática Agropecuária e do Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura, vinculado à Universidade Estadual de Campinas – Unicamp – quanto individual, representada pelos líderes do projeto de pesquisa.

A ação de coordenação efetuada pelos líderes individuais atuando no projeto favoreceu a obtenção de recursos para o desenvolvimento de pesquisas, o estabelecimento de parcerias de forma a criar uma base de dados com cobertura nacional, a resolução de conflitos e o acompanhamento das tarefas desenvolvidas e os resultados obtidos pelas equipes.

Outros fatores contribuem também para a convergência da rede: a existência de relações de **confiança**, o **ambiente institucional** da Embrapa e sua estrutura de gestão de projetos favorecendo ações em rede; um **contexto favorável** para a criação de conhecimento e de geração de inovações; e o estabelecimento de **relações contratuais** com os principais parceiros da rede de forma a reduzir a incerteza.

O primeiro capítulo desta dissertação descreve o contexto inovativo relacionado aos **setores de Meteorologia e Agrometeorologia** enfatizando, por intermédio de uma análise histórica, sua evolução tecnológica e organizacional, bem como o processo de institucionalização destes setores no Brasil.

O segundo capítulo aborda o referencial teórico contemplando o **processo inovativo** em rede e os instrumentos associados ao conceito de Rede Tecno-Econômica. O **processo de criação de novos conhecimentos** é descrito na sequência, utilizando-se da abordagem desenvolvida por Nonaka e Takeuchi (1997) e Nonaka et al (2000).

No terceiro capítulo são apresentados: os antecedentes desta iniciativa, um descritivo da unidade de análise bem como os resultados do **estudo de caso** desenvolvido.

Dentre os principais resultados destacam-se: o descritivo do processo de desenvolvimento do sistema Agritempo envolvendo a conversão e a criação de novos conhecimentos com base no processo SECI (NONAKA ET AL, 2000); uma breve descrição das funcionalidades e módulos do sistema; o mapeamento da Rede Tecno-Econômica mobilizada e a análise de sua dinâmica. São apresentadas, ainda, a análise da morfologia da rede e as estratégias de coordenação empregadas, com destaque para as questões institucionais e o papel central da liderança para integração e motivação da equipe e acompanhamento de resultados. O trabalho descreve as iniciativas de Pesquisa e Desenvolvimento desenvolvidas a partir do sistema Agritempo, chamadas de *spin-offs*, que acabam por formar novas Redes Tecno-Econômicas que se relacionam com a rede mobilizada pelo Agritempo e promovem uma trajetória de continuidade associada a esta tecnologia.

CAPÍTULO 1

Evolução histórica do setor Meteorológico, processo de institucionalização e panorama do campo da Agrometeorologia

Introdução

Esta pesquisa possui, como unidade de análise, uma rede de atores formada para desenvolver um Sistema de Monitoramento Agrometeorológico para o território brasileiro. O objetivo do estudo é analisar a dinâmica do processo inovativo em rede no âmbito da agrometeorologia tanto no que se refere à geração de informação e de novos conhecimentos quanto à dinâmica da rede e as estratégias de coordenação empreendidas.

Considerando que o processo de geração de inovações é dependente do setor econômico envolvido, torna-se relevante conhecer a dinâmica do campo científico da Meteorologia e da Agrometeorologia bem como as questões institucionais a eles relacionadas, considerando os contextos internacional e nacional.

A Meteorologia efetua um estudo interdisciplinar da atmosfera relacionado aos processos que envolvem a observação das condições atmosféricas - o que popularmente se costuma chamar de “tempo” - bem como a previsão de condições futuras. Os fenômenos meteorológicos são condições observáveis que podem ser explicadas por intermédio do estudo de diversas variáveis atmosféricas como temperatura, pressão, vapor de água, entre outras.

Além de se relacionar ao planejamento da vida diária dos indivíduos, a Meteorologia tem interesse especial para alguns setores específicos de aplicação como as áreas militar, de produção de energia, de transportes, da agricultura e da construção civil.

A Agrometeorologia, ou Meteorologia Agrícola, é uma especialização da Meteorologia voltada para o atendimento das demandas do setor agrícola no sentido de reduzir os riscos climáticos associados ao setor, de forma a elevar a produtividade, reduzir o risco econômico envolvido na atividade, buscando uma agricultura sustentável. É uma ciência multidisciplinar, que reúne conhecimentos dispersos em várias disciplinas agronômicas e envolve a análise e o entendimento das relações entre o ambiente físico e os processos biológicos relacionados às atividades agrícolas.

A agricultura é uma das atividades econômicas mais dependente das condições climáticas. Várias práticas agrícolas como o preparo do solo, a semeadura, a adubação, a irrigação, as pulverizações, a colheita – entre outras – dependem também das condições do tempo e de umidade do solo para que possam ser executadas de forma eficiente. Além disso, estas condições

afetam a relação das plantas com os microorganismos, insetos, fungos e bactérias favorecendo ou não a ocorrência de pragas ou doenças e demandando medidas de controle adequadas.

Desta forma, considerando a grande importância das condições meteorológicas para a agricultura, o uso de informações meteorológicas e climáticas é fundamental para apoiar os processos de decisão ao nível da propriedade. Adicionalmente, bases de dados organizadas e confiáveis são importantes para o desenvolvimento de estudos e pesquisas em agrometeorologia, visando aumentar a base de conhecimento disponível com o intuito de prover soluções para os problemas enfrentados pela agricultura.

Este capítulo promove inicialmente uma análise histórica que auxilia a compreensão do contexto social, cultural e tecnológico envolvendo a geração de conhecimentos em Meteorologia. As questões tecnológicas merecem destaque especial, especialmente a partir do século XVII, quando foram inventados os instrumentos de medição de dados, e do século XIX quando surgiu o telégrafo como veículo de comunicação. Os aspectos organizacionais – relacionados à gestão e às formas de organização do trabalho – são também analisados, enfocando principalmente a formação de redes de observação e coleta de dados meteorológicos. Esta análise – inicialmente em contexto internacional - envolve a descrição do desenvolvimento de modelos numéricos para previsão do tempo, fortemente embasados por tecnologias de informação e comunicação.

A seguir, são apresentados: a historiografia e evolução histórica da meteorologia, aspectos tecnológicos e organizacionais envolvidos, previsão numérica do tempo e tecnologias de informação e comunicação, processo de institucionalização do setor meteorológico brasileiro, o elenco de atores institucionais atuando neste segmento e as tentativas efetuadas para coordenação e integração de atividades.

Por fim, é descrito o campo da agrometeorologia, questões tecnológicas, as características do setor no Brasil destacando as instituições atuando no setor e um panorama de sua evolução histórica.

1.1 Historiografia do campo científico da Meteorologia

A Meteorologia é uma ciência relativamente jovem, se comparada à Matemática ou à Física, e que tem ganhado destaque desde a segunda metade do século XX. Alguns historiadores apontam que, antes do advento dos computadores e da ameaça do aquecimento global, a

Meteorologia não possuía um carisma e uma velocidade de progresso que pudesse atrair eventuais historiadores. No entanto, a própria significância das preocupações sociais com as alterações climáticas que marcaram a segunda metade do século XX, acabou por gerar interesse pelas análises históricas relacionadas à Meteorologia.

A fim de compreender o contexto histórico das atividades relacionadas a este campo científico, foi empreendida uma revisão bibliográfica que indicou que a historiografia relativa a esta ciência é relativamente pequena, desenvolvida primordialmente no século XX (ANDERSON, 2000; BARBOZA, 2002).

Anderson (2000) justifica este fato afirmando que, antes do advento dos computadores e da ameaça do aquecimento global, a Meteorologia não possuía um carisma e uma velocidade de progresso que pudesse atrair eventuais historiadores. Os documentos históricos escritos por meteorologistas acabaram restritos a publicações especializadas.

Outro fator que pode ter contribuído para a reduzida historiografia seria a alteração das fronteiras históricas desta disciplina. Até o século XIX, a Meteorologia envolvia todos os fenômenos dos ares incluindo alguns que hoje são estudados por campos como a Astronomia e a Geologia.

Segundo Vogel (2009) verifica-se um crescimento do interesse pela Meteorologia nos Estados Unidos a partir dos anos 1980. Segundo o autor, apesar de ter sido um campo altamente negligenciado no que se refere aos estudos de História das Ciências, a historiografia da Meteorologia bem como o interesse geral em Meteorologia, Tempo e Clima se expandiram exponencialmente entre os anos de 1983 e 2009.

Segundo o autor, esta expansão é influenciada também por fatores como o crescimento geral das publicações acadêmicas como um todo, pelo crescimento e evolução das mídias e pela própria fundação de instituições e publicações especializadas em História da Meteorologia³. Além disso, a do crescimento das preocupações relacionadas às alterações climáticas.

2 Um levantamento da bibliografia produzida em História da Meteorologia foi empreendido por intermédio de um projeto de pesquisa iniciado em 2003, compreendendo os vinte últimos anos da historiografia recente – o que explica o recorte de 1983 a 2009. Vogel (2009) indica que a literatura recente era esparsa, não existindo nenhum compêndio reunindo as obras publicadas.

3 Uma organização especializada na História da Meteorologia é a *International Commission on History of Meteorology*. O *website* está disponível em: <http://www.meteohistory.org/> Acesso em: 06.out.2010.

Vogel (2009) sugere uma convergência de dois campos científicos: a Meteorologia, que estuda as condições atmosféricas e sua previsão, e a Climatologia, que se preocupa com valores estatísticos médios para descrever o ritmo anual mais provável de ocorrência de fenômenos atmosféricos (PEREIRA ET AL, 2002). Em tempos passados houve uma sobreposição da história destas duas ciências que continuam a se relacionar de forma bastante próxima nos dias atuais.

1.2 Evolução da história da Meteorologia: período especulativo, empírico e moderno

Enquanto a Meteorologia e a Climatologia são relativamente jovens como campos científicos organizados, se comparados a ciências como a Astronomia ou a Matemática, o interesse do homem sobre as condições do tempo e as variações do clima remonta às origens da vida humana na Terra. Desde as sociedades primitivas, se percebeu que a observação das condições atmosféricas, como o aspecto dos céus e dos ventos, associadas ao comportamento dos animais, poderia oferecer indicações sobre as condições futuras do tempo.

Os primeiros estudos mais específicos relacionados à Meteorologia foram realizados por Aristóteles, na Grécia antiga. Estes estudos permaneceram como o paradigma dominante da Meteorologia até a Renascença. Avanços científicos significativos só ocorreram a partir dos séculos XVII e XVIII.

Vogel (2000) e Barboza (2002) fazem referência ao trabalho de H. Frisinger (1977)⁴, que, utilizando-se de um olhar científico, caracteriza três períodos históricos principais da Meteorologia ocidental: especulativo, empírico e moderno.

O primeiro período, chamado **especulativo**, ocorreu entre os anos 600 aC e 1600 dC, marcado pelo pensamento de Aristóteles, com sua obra “Meteorológica”, que seria a única referência teórica neste campo até o século XVI.

4 Howard H. Frisinger era matemático e iniciou suas pesquisas pelo estudo do papel dos matemáticos na Meteorologia. Sua obra “The History of Meteorology to 1800”, publicada em 1977, é uma referência clássica referente à história deste campo científico.

Segundo autores como Frisinger e Middleton (1969)⁵, o pensamento aristotélico envolvia mais especulações do que teorias e era caracterizado pela interpretação das observações meteorológicas a partir de idéias arbitrárias preconcebidas pelo autor, por intermédio de analogias. Desta forma, o emprego de um método científico deficiente explicaria as falhas incorridas na interpretação dos fenômenos meteorológicos observados.

1.2.1 O Período Empírico: desenvolvimento de instrumentos e observações

O período **empírico** se inicia com a invenção e aplicação de instrumentos meteorológicos, do século XVII e termina no início do século XX.

Em fins do século XVI, a evidência de incorreções da meteorologia aristotélica era crescente, incentivando o avanço do conhecimento relativo ao comportamento da atmosfera. Neste período, René Descartes dá um novo impulso teórico ao estudo da Meteorologia, com a publicação de um texto intitulado “Les Météores”, um apêndice de sua obra Discurso do Método (LEZAUN, 2006).

Historiadores como Middleton (1969) consideram que a Meteorologia veio a se constituir como ciência somente após a invenção de instrumentos como o barômetro e do termômetro, indicando que a história do campo científico da Meteorologia está intrinsecamente ligada à história dos instrumentos meteorológicos, tendo em vista que seu desenvolvimento permitiu que a Meteorologia, antes qualitativa, se tornasse uma ciência quantitativa (LEZAUN, 2006).

Middleton (1969), em sua obra, oferece um panorama sobre a história de vários instrumentos meteorológicos entre eles o barômetro, o termômetro, o higrômetro (instrumento para medição de umidade), o pluviômetro, o atmômetro (para medir evaporação), o anemômetro (para indicar a direção e medir a velocidade do vento) e os sensores de radiação solar.

5 William E. Knowles Middleton (1902-1998) foi um pesquisador canadense especializado em instrumentos meteorológicos, óptica, meteorologia e ciência em geral. Meteorologista de formação, se especializou em instrumentos quando iniciou seus trabalhos no Serviço de Meteorologia em 1929 e começou pesquisas em óptica com o Conselho Nacional de Pesquisa do Canadá em 1946. Foi um membro honorário American Meteorological Society. Seu perfil pode ser encontrado em: <http://www.science.ca/scientists/scientistprofile.php?pID=356> Acesso em: 10.abr.2010. Barboza (2002) faz referência à sua obra “*History of the theories of rain and other forms of precipitation*”, publicada em 1965.

No entanto a leitura de instrumentos meteorológicos necessitava ser efetuada em intervalos regulares, às vezes à noite, o que tendia a ser tornar uma das mais tediosas e restritivas ocupações humanas. Assim, logo depois da invenção dos primeiros instrumentos meteorológicos foram feitas tentativas visando gerar registros de maneira automática. Um dos primeiros equipamentos desta natureza foi desenvolvido por Sir Christopher Wren, no século XVII, com o intuito de registrar várias medições de vários instrumentos de uma vez só (MIDDLETON, 1969).

Instrumentos de medição automática são considerados extremamente importantes para estudos em Meteorologia a fim de atender aos requisitos de medição, perpétuos, implicando em observações diurnas e noturnas.

O século XVIII é marcado pelo desenvolvimento de novos instrumentos e pelas melhorias nos equipamentos existentes. Além disso, foi efetuada a padronização da escala do termômetro, com a redução de 14 para 2 escalas: Celsius e Fahrenheit.

No século XIX, todos os instrumentos existentes foram refinados, tornando tecnicamente possível construir instrumentos suficientemente duráveis. Além disso, os meteorologistas perceberam que necessitavam não apenas de registros das condições atmosférica mas de observações simultâneas enviadas em intervalos regulares para um escritório central – ou seja, de observações sinópticas.

O termo sinóptico remete a observações efetuadas ao mesmo tempo em uma grande quantidade de estações (DJURIC, 1994). A possibilidade de obter estas observações se tornou possível assim que o telégrafo elétrico foi inventado, por volta de 1850. Os dados puderam ser coletados utilizando-se da rede telegráfica para sua mensuração e também transmitidos com base na infra-estrutura montada. O telemeteorógrafo foi um instrumento inventado em 1843 que permitia a impressão dos registros de um barômetro e de dois termômetros em um rolo de papel situado na estação receptora (MIDDLETON, 1969).

No século XIX são inventados novos equipamentos de medição como os sensores de radiação e balões para observações aéreas, utilizando-se de equipamentos pequenos, leves e mais baratos para registro automático de medidas atmosféricas, sem que houvesse um impacto muito grande nos orçamentos das instituições de meteorologia.

Desta forma, o conhecimento das condições do tempo presente em uma ampla zona geográfica tornou possível a construção de mapas de isóbaras e também de um novo método para previsão do tempo, o **método sinóptico** (LEZAUN, 2006). Este método parte de uma fotografia das observações meteorológicas efetuadas em grandes áreas (EDWARDS, 2006), consistindo na elaboração de mapas com previsões para o dia seguinte e na elaboração de estimativas de como iriam se mover os fenômenos meteorológicos detectados (como centros de alta ou baixa pressão).

Estes mapas eram elaborados com base em mapas do tempo atual e na experiência dos meteorologistas e seu conhecimento da meteorologia local, associado a regras empíricas. Utilizava-se pouco ou nenhum conhecimento teórico, revelando-se uma prática altamente experimental. Por isso, o método sinóptico foi pouco apreciado tanto por meteorologistas teóricos como empíricos (LEZAUN, 2006).

Mesmo que o método sinóptico de previsão do tempo, de bases empíricas, não tivesse ainda atingido grande acurácia, ele aumentou a visibilidade da Meteorologia enquanto campo científico e passou a chamar a atenção dos meios de comunicação e dos Serviços Públicos Militares e Agrícolas de diversas nações.

Em termos institucionais, o século XIX é marcado pela criação de sociedade meteorológicas em vários países bem como pela estruturação de redes meteorológicas telegráficas em vários países e regiões. Várias nações estabeleceram seus Serviços Nacionais de Meteorologia, especialmente na Europa e nos Estados Unidos, com a responsabilidade de efetuar previsões do tempo (EDWARDS, 2006). Por um século, os serviços meteorológicos nacionais enfocaram principalmente a coleta de dados meteorológicos e a construção de gráficos.

A grande quantidade de dados meteorológicos deu origem a outro campo científico, a **Climatologia**, uma ciência fundamentalmente estatística. O clima nada mais é do que uma média das condições do tempo associada à probabilidade de ocorrência de seus valores extremos em uma dada região e período do ano (LEZAUN, 2006).

A calibração e a padronização de equipamentos são aspectos essenciais para a Meteorologia em conjunto com a uniformização dos procedimentos de coleta nas redes de observações meteorológicas. As sociedades meteorológicas nacionais sempre estiveram envolvidas com estes processos a fim de garantir a utilização universal dos dados meteorológicos coletados. Além disso, a elaboração de previsões sinópticas necessita de dados coletados por instrumentos

calibrados de acordo com um determinado padrão, em determinados horários, registrados em unidades de medida similares. Edwards (2004) ressalta que a concordância em relação a padrões sempre foi um alvo difícil de alcançar.

1.2.2 A Meteorologia Moderna

O **período moderno** é marcado por uma aproximação da Meteorologia com as Ciências Exatas, por intermédio de teorias oriundas da Matemática, da Física e da Química.

No século XX, a evolução dos instrumentos de observação prosseguiu, com a introdução de balões de borracha e meteorógrafos mais leves que possibilitam aumentar o conhecimento humano sobre as condições meteorológicas em altitude mais elevada.

Durante a Primeira Guerra Mundial, um grupo de meteorologistas noruegueses descobriu que grandes massas de ar quente ou frio se movimentam sem misturar-se e também a massa de ar frio sobre o pólo norte. Estes pesquisadores introduziram os termos “frente fria”, “frente quente” e “frente polar” e indicaram que a interação entre massas de ar gera ciclones (LEZAUN, 2006).

Por volta de 1920, passou-se a utilizar a estrutura de rádio-comunicação para transmitir dados meteorológicos a partir de pipas. O rápido avanço no uso das ondas curtas de rádio levou às radiossondas – inventadas na década de 1930 – que se referem a um conjunto de equipamentos e sensores transportado por balões meteorológicos que medem vários parâmetros atmosféricos e os transmitem a um aparelho receptor fixo por intermédio de ondas de rádio. Dentre os parâmetros que podem ser mensurados estão: pressão, altitude, posição geográfica, temperatura, umidade relativa, velocidade e direção do vento.

Estes desenvolvimentos se aceleraram com o advento da aviação comercial e mais ainda depois da Segunda Guerra Mundial, quando foi iniciada a aplicação prática de radares e lasers.

A Segunda Guerra Mundial deixou um legado que acabou por incentivar o desenvolvimento da Meteorologia: a disponibilidade de grandes quantidade de dados de superfície e aéreos; o aumento e capacitação dos meteorologistas atuando no Serviço Nacional de Meteorologia americano e a introdução do novo computador digital (HARPER ET AL, 2007).

O desenvolvimento de técnicas de previsão numérica do tempo caracteriza o **período moderno** da Meteorologia.

Meteorologistas noruegueses liderados por Vilhelm Bjerknes defendiam que a previsão do tempo era um problema de valores iniciais, no sentido matemático do termo. A previsão do tempo é obtida a partir de valores iniciais (variáveis meteorológicas no instante atual) e da resolução das equações da dinâmica atmosférica (LEZAUN,2006). As dificuldades porém se encontram na resolução destas equações que envolvem derivadas parciais, configurando um sistema não linear.

A construção do computador ENIAC em 1946 possibilitou o cálculo da primeira previsão numérica do tempo que se revelou um importante exemplo de aplicação prática dos computadores e do oferecimento de previsões de condições futuras do tempo a partir de dados meteorológicos iniciais.

O desenvolvimento da previsão numérica foi um empreendimento coletivo que envolveu uma colaboração financeira, administrativa e de recursos humanos estabelecida entre o Serviço Meteorológico Americano, a Marinha Americana e a Força Aérea (HARPER, 2007). A *Joint Numerical Weather Prediction Unit* - JNWPU consistia na reunião de pesquisadores do *Meteorology Project* do Instituto de Estudos Avançados de Princeton, do projeto de Previsão Numérica do Laboratório de Pesquisa em Geofísica da Força Aérea em Cambridge e do Instituto Internacional de Meteorologia de Estocolmo/Suécia.

A primeira previsão do tempo operacional foi desenvolvida em setembro de 1954 pelo time de Gustav Rossby, um dinamarquês baseado em Estocolmo, Suécia. O JNWPU, por sua vez, publicou sua primeira previsão do tempo operacional em 6 de maio de 1955.

A cooperação entre agências – militar, civil e acadêmica - foi essencial para o avanço da previsão numérica do tempo, contribuindo para o avanço das Ciências Atmosféricas, no âmbito teórico e aplicado. A cooperação inter-disciplinar foi essencial, envolvendo o trabalho do matemático húngaro John Von Neumann⁶ e de meteorologistas teóricos como Jule Charney e Philip Thompson do Laboratório da Força Aérea e da equipe internacional de Estocolmo representada por Ragnar Fjortoft (LEZAUN, 2006; HARPER ET AL, 2007).

6 Atuando nos Estados Unidos.

Os sucessos obtidos com os cálculos computacionais fizeram com que a previsão numérica pudesse ser considerada operacional e fosse aceita por meteorologistas teóricos e aplicados. Apesar de existir muita descrença em relação a este novo método de previsão, o período da Guerra Fria acabou atuando como um estímulo, tendo em vista que os líderes militares se interessavam pela disseminação de mapas que pudessem apoiar decisões operacionais. O Serviço Meteorológico Americano previa a possibilidade da melhoria nas previsões do tempo com a redução de tarefas necessárias levando à redução nos custos.

Assim, os métodos de previsão numérica por computador evoluíam, apoiados por meteorologistas como Rossby, Charney e von Neumann, que defendiam os aspectos teóricos, e pelos meteorologistas militares e do serviço meteorológico nacional, que defendiam sua aplicação prática (HARPER ET AL, 2007).

Apesar das incertezas envolvendo o início da aplicação de métodos numéricos de previsão do tempo, estes continuaram a evoluir na década de 1960, de forma associada ao crescimento da capacidade de processamento dos computadores. Também nos anos seguintes, os avanços em modelagem na complexidade envolvendo os modelos estiveram associados aos avanços da computação (HARPER ET AL, 2007).

No contexto geopolítico da Guerra Fria, questões como a geoestratégia e a mudança técnica reforçavam-se mutuamente envolvendo tanto o desenvolvimento de armas de alta tecnologia (ênfatisando o poder militar das nações) quanto de computadores, radares e satélites (permitindo controle e vigilância centralizados e em tempo real). Desde o início do desenvolvimento de satélites, por volta da década de 1950, se percebeu a próxima ligação entre os interesses militares de reconhecimento por satélite e as iniciativas de previsão do tempo, também por intermédio de imagens de satélite.

Algumas vezes as razões meteorológicas de ordem pública acabavam inclusive por encobrir interesses militares (EDWARDS, 2006). Teorias relativas ao “controle do tempo” envolvendo bombardeamento de nuvens e criação de furacões – estudadas inclusive por John Von Neumann – foram utilizadas para justificar os investimentos em uma unidade de pesquisa para previsão numérica do tempo. A idéia de utilizar o tempo como arma esteve nas agendas militares das superpotências até a década de 1970.

A partir dos anos 1970, todos os serviços meteorológicos passam a realizar previsão do tempo na forma numérica, envolvendo a resolução de um sistema de equações em derivadas parciais que traduzem as leis gerais da física aplicadas a atmosfera (LEZAUN, 2006).

As equações da dinâmica atmosférica são sete:

3. 3 equações de conservação do momento cinético, aplicando a segunda lei de Newton (força = massa x aceleração) a uma pequena parcela de ar;
4. a equação da continuidade, traduzindo a lei da conservação (quando se segue uma parcela de ar em movimento sua massa se conserva);
5. a equação da conservação da umidade específica do vapor de água;
6. a equação de conservação da energia;
7. a equação dos gases perfeitos (assumindo que a atmosfera é um gás perfeito).

Estas equações são diferenciais, definidas para uma atmosfera contínua. São sete equações e sete incógnitas (as 3 componentes da velocidade do vento, a pressão, a densidade, a umidade específica e a temperatura). Estas variáveis regem a evolução da atmosfera – em conjunto com as condições iniciais e as condições de contorno - e representam um problema solúvel do ponto de vista matemático (LEZAUN, 2006).

Assim, para resolver estas equações é necessário conhecer o estado da atmosfera em um instante inicial, obtido por intermédio de uma ampla rede de coleta de dados distribuída pela atmosfera. Existe uma grande variedade de tipos de observações que podem ser feitas: observações de superfície a partir de estações em terra; observações em bóias marinhas ou barcos; observações de altitude coletadas por sondas ou aviões; e observações à distância, por intermédio de satélites ou radares (EDWARDS, 2006).

Um componente importante da operacionalização dos modelos numéricos se refere ao tratamento de dados: a transmissão ao centro de operações, a etapa de processamento e de análise e sua utilização nas previsões. Quando os sensores remotos passaram a ser utilizados, a quantidade de dados disponível superou a capacidade de processamento dos cientistas. E a capacidade de assimilação dos dados coletados é um problema até os dias de hoje (HARPER ET

AL, 2007).

A **assimilação de dados** é o processo de transformação dos dados coletados por diferentes fontes, distribuídos irregularmente entre o território considerado, em valores de variáveis distribuídos uniformemente pela região para a qual se efetua a previsão do tempo a fim de incorporá-los aos modelos matemáticos na forma de condições iniciais da atmosfera.

1.3 Análise histórica da Meteorologia: aspectos organizacional e institucional

Fleming (1990)⁷ citado por Barboza (2002), desenvolve uma cronologia histórica da Meteorologia concentrando seu olhar na questão organizacional e institucional. Este autor defende que as controvérsias teóricas foram fundamentais para o estabelecimento de novas formas de organização dos praticantes da Meteorologia.

A obra de Fleming (1990) analisa a Meteorologia dos Estados Unidos e estabelece os seguintes estágios:

- era dos **observadores individuais** (da colonização até 1800);
- período dos **sistemas emergentes e da expansão de horizontes** (de 1800 a 1870);
- era do **serviço governamental** (entre 1870 e 1920);
- e **período contemporâneo**, disciplinar e profissional (iniciado na década de 1920).

7 James Rodger Fleming é professor de Ciência, Tecnologia e sociedade no Colby Colledge em Maine (EUA). Se tornou uma referência-chave em história da Meteorologia após sua obra “Meteorology in America, 1800-1870” publicada em 1990.

Fleming (1998) reproduz em sua obra a frase de James Pollard Espy, meteorologista americano do século XIX⁸:

“Um astrônomo é, em alguma medida, independente de seu colega astrônomo; ele pode esperar em seu observatório até que a estrela que deseja observar venha até seu meridiano; o meteorologista, no entanto, faz observações limitadas a um horizonte restrito e pouco pode fazer sem a ajuda de numerosos observadores que possam fornecer-lhe observações atuais de uma ampla estendida área”

Este depoimento enfatiza o caráter colaborativo da Meteorologia enquanto ciência. Ao contrário de outros cientistas que efetuam suas pesquisas de forma isolada, os meteorologistas interagem entre si a fim de aumentar suas bases de dados (que estão restritas a valores locais), com o objetivo de analisar e compreender as condições atmosféricas e efetuar previsões do tempo para uma dada região.

1.3.1 A formação de redes de observação meteorológica

Há relatos da formação de redes de observação na Europa a partir do século XVIII. Inicialmente as redes se formavam naturalmente, pela associação entre meteorologistas que, desejosos de ampliar o escopo de suas observações, distribuía entre si os dados meteorológicos que coletavam. Esta característica marca a fase de expansão de horizontes descrita por Fleming (1990).

Pode-se dizer que desde o início da institucionalização das ciências da Meteorologia e Climatologia, tornou-se natural o movimento de associação dos profissionais destes campos visando ao intercâmbio de dados e à construção de arquivos e bases de dados.

O desenvolvimento de procedimentos para coleta sistemática de dados climáticos levou várias centenas de anos. Durante o século XVII, as sociedades científicas da Europa promoveram

⁸ *Second Report on Meteorology to the Secretary of the Navy (1849), US Senate Executive Document 39, 31st Congress, 1st session.*

a coleta de dados meteorológicos para extensas áreas. Há relatos de observações sistemáticas na Alemanha, Rússia e Estados Unidos no século XVIII.

Fleming (1998) descreve o projeto Societas Meteorologia Palatina fundado na Alemanha em 1781 com o objetivo de compreender a influência do tempo na agricultura e na saúde. Além dos dados meteorológicos, eram coletados dados de colheita, mortalidade, fertilidade e doenças em cinquenta e sete locais, da Sibéria à América do Norte e Europa. Os observadores recebiam instrumentos e instruções gratuitas e enviavam os resultados para Manheim, na Alemanha, onde eram publicados na íntegra no periódico da referida sociedade.

No século XIX estas iniciativas colaborativas para coletar grandes quantidades de dados meteorológicos se multiplicaram, associadas a um esforço de institucionalização tendo em vista que as observações passaram a ser de interesse dos Estados que visavam melhorar práticas agrícolas, responder a questões relativas à saúde, gerar alertas públicos sobre tempestades e atender a necessidades militares (FLEMING, 1998).

Barboza (2002) descreve o caráter institucional do movimento de criação de redes de observação meteorológica, ocorrido no início da década de 1850, envolvendo iniciativas de vários Estados em estimular e patrocinar o desenvolvimento destes arranjos científicos. Estas redes eram formadas em geral por um pequeno número de funcionários e por uma grande maioria de voluntários, orientados e equipados por um órgão central (algumas vezes denominado de observatório meteorológico) que recolhia, processava e divulgava os resultados obtidos.

Segundo a autora, estas instituições – as redes meteorológicas – logo se consolidariam como um terreno fértil para transformações profundas na Meteorologia (p.31) especialmente no que se refere ao intercâmbio de grandes volumes de dados, à difusão e geração de conhecimento, desenvolvimento de padrões e de procedimentos de trabalho coletivo, estruturando os serviços governamentais de Meteorologia.

Fleming (1998) descreve a rede de observações formada em 1848 no reino da Prússia possuindo 35 estações sob a coordenação do Instituto Meteorológico de Berlim. Em 1849, um projeto semelhante seria criado em território russo envolvendo 8 estações principais e 48 observadores voluntários. Em 1851, a Inglaterra cria um projeto ainda mais abrangente, reunindo observadores ao redor do mundo, por intermédio de suas colônias, com apoio do Estado e do *Meteorological Office*.

Barboza (2002) descreve a rede meteorológica telegráfica vinculada ao Observatório de Paris implantada no território francês em 1856 e internacionalizada em 1857, incluindo observações de várias capitais da Europa (em 1865 eram cerca de 42 estações). Esta rede tinha algumas particularidades; em primeiro lugar, excluía a participação dos voluntários aproveitando-se do trabalho de funcionários públicos atuando nas estações da Administração de Telégrafos, espalhados pelo território francês. Em segundo lugar, a organização francesa era mais rigorosa do que as similares europeias em relação à padronização das observações efetuadas, tanto no que diz respeito aos instrumentos utilizados quanto em relação aos horários das medições, que deviam ser simultâneas. O objetivo declarado desta iniciativa era oferecer uma previsão do tempo - até então algo inédito no cenário Europeu.

Em função destas inovações (acoplamento à rede de telégrafos, padronização de medidas e procedimentos) esta rede se expandiu de maneira bastante ágil, ultrapassando as fronteiras da França e atingindo as principais cidades da Europa Ocidental.

Dois fatores foram fundamentais para a criação da rede do Observatório de Paris: o apoio do Estado Francês e a aprovação da Academia de Ciências de Paris em relação à base científica do projeto. Esta base científica foi oferecida por intermédio de um estudo efetuado por Emmanuel Liais que descrevia o deslocamento de uma tempestade que assolou o Mar Negro por todo o território europeu, correlacionando a trajetória desenvolvida com as variações de pressão observadas nos respectivos locais. Ou seja, o estudo defendia a idéia de que a criação de uma rede de observação poderia viabilizar e previsão de tempestades com relativa antecedência, rastreando trajetórias e ondas de pressão a ela associadas. Este estudo acabou por justificar o investimento efetuado pelo governo francês na aquisição de equipamentos e no desenvolvimento e estabelecimento da rede de observações.

1.3.2 Redes de observação e implicações organizacionais e institucionais

É importante ressaltar que o crescimento e fortalecimento das redes de observação do século XIX foi viabilizado pelo progresso tecnológico envolvendo a invenção de instrumentos de medição mais precisos e com registro automático bem como pela própria invenção do telégrafo que passou a permitir rápida e precisa transmissão dos dados coletados para grandes distâncias.

Esta invenção, principalmente, incentivou a criação de várias sociedades meteorológicas com muitas unidades de observação, cobrindo grandes áreas, possibilitando o desenvolvimento do método sinóptico de previsão do tempo.

Além das inovações tecnológicas representadas pelos instrumentos de medição e comunicação, a formação de redes de observação envolveu várias questões organizacionais e institucionais. O apoio governamental supriu a necessidade de recursos e equipamentos. No entanto, as redes tiveram que lidar com questões operacionais, relacionadas a procedimentos de medição como periodicidade das medidas e padronização de escalas de equipamentos utilizados. Outra questão importante envolveu a própria controvérsia relativa ao compartilhamento dos dados meteorológicos entre diferentes nações, que poderia afetar a segurança nacional.

Lezaun (2006) aponta que para a utilização universal dos dados meteorológicos coletados por diferentes organismos em diferentes países tornou-se necessário estabelecer um amplo processo de padronização de protocolos de medida, de escalas, de registros e para difusão de dados. Este processo foi, geralmente, mediado por associações nacionais de meteorologia.

Ao discorrer sobre sistemas mundiais de observação meteorológica, Edwards (2004) indica que os padrões são socialmente construídos por intermédio de negociações envolvendo aspectos de natureza técnica, social e política bem como dimensões institucionais, financeiras, simbólicas e, é claro, práticas. No caso das redes de observação meteorológica, a padronização de processos e equipamentos implica em um esforço visando uniformidade e precisão das medidas efetuadas bem como a compatibilidade entre elas.

Segundo Edwards (2004), os padrões criam condições para a construção de todo um sistema tecnológico, tornando possível o amplo compartilhamento de conhecimento.

No entanto, poucos padrões atuam desta forma tão perfeita. Na maioria dos casos, além da adaptação de instrumentos e estabelecimento de práticas únicas, torna-se necessária a disciplina por parte dos indivíduos envolvidos, que em muitos casos são resistentes ao novo, seja em relação aos equipamentos ou aos procedimentos.

Nem a fundação da Organização Meteorológica Internacional - IMO, em 1879, encerrou as questões relativas à construção de padrões. A negociação de padrões continuou ainda por cerca de 80 anos. A fim de evitar conflitos e manter a participação das nações, a IMO estabeleceu que suas recomendações não necessitariam ser obrigatoriamente seguidas pelos serviços nacionais de

meteorologia – seriam facultativas.

Edwards (2004) descreve as dificuldades para estruturar a rede global meteorológica da IMO, que possuía 500 estações em terra. Dificuldades como a recepção de dados pelo correio (algumas vezes demorando meses) e falta de padronização em relação às técnicas de observação e registro (envolvendo negociações com os participantes da rede que não seguiam o protocolo) acabaram atrasando a publicação dos dados coletados em 13 anos.

Após a Segunda Guerra Mundial, buscou-se construir uma nova instituição internacional para a Meteorologia e a IMO, relativamente frágil, transformou-se na Organização Mundial de Meteorologia – WMO com status intergovernamental no âmbito da Organização das Nações Unidas – ONU e uma participação genuinamente global.

A Organização Meteorológica Mundial se tornou uma agência da ONU em 1951 tornando-se cada vez mais indispensável para facilitar a cooperação mundial entre os Serviços Meteorológicos nacionais, fomentar a aplicação da meteorologia às diversas atividades humanas e promover a pesquisa e o ensino de meteorologia (OLIVEIRA, 2009).

O caráter intergovernamental da WMO trouxe um novo tipo de política a este campo científico. Em meio à Guerra Fria, os governos nacionais consideravam que o internacionalismo científico ameaçava sua soberania. No âmbito da padronização, a WMO buscava a participação da maior quantidade de países e colocava-se na posição de facilitadora e promotora de ações. Assim, apesar de incentivar seus membros a implementar os padrões estabelecidos pela WMO, isto continuava sendo facultativo.

Houve uma adoção mais uniforme de padrões nos anos 1960, quando instrumentos automatizados por intermédio de padrões de medida e de registro, passaram a enviar dados para computadores que convertiam as unidades e efetuavam a interpolação de forma automática.

Estas questões, muito bem descritas na obra de Edwards (2004), evidenciam as dimensões organizacionais, sociais e políticas envolvendo as redes de observações meteorológicas.

1.3.3 Evolução tecnológica e progressos na Meteorologia: estações de observação, computadores e rede de telecomunicações

A meteorologia é uma ciência extremamente dependente de observações de campo para seu desenvolvimento e evolução. Como destacado anteriormente, ao longo dos anos, vários instrumentos foram inventados para medir variáveis atmosféricas. Adicionalmente, a evolução tecnológica que ocorreu dos séculos XVII ao XIX gerou um importante mecanismo para transmissão de dados, o telégrafo, que foi amplamente utilizado na estruturação de redes de observação deste período.

A evolução da microeletrônica, por sua vez, gerou computadores capazes de armazenar os dados transmitidos de estações localizadas em vários pontos diferentes e posteriormente processá-los gerando previsões do tempo ou outros produtos meteorológicos.

O cálculo de previsões numéricas do tempo – um importante avanço, ocorrido na década de 1950 - foi resultado da reunião de vários fatores como: disponibilidade de dados meteorológicos, de equações de previsão, de capacidade de processamento, de competências internacionais, de recursos financeiros e o apoio de várias instituições. Várias facetas da comunidade meteorológica foram envolvidas – acadêmicos e representantes do governo; teóricos e cientistas aplicados; pesquisadores e técnicos, militares e civis (HARPER ET AL, 2007). Outros fatores que contribuíram para o desenvolvimento de previsões foram as cooperações internacionais, a existência de cursos de pós-graduação em meteorologia (fortalecendo as equipes e suas competências) e a persistência e determinação de muitos pesquisadores em aplicar conhecimento de forma a beneficiar a sociedade e a ciência.

Mesmo que, na década de 1950, os mapas de previsão propostos ainda necessitassem de melhorias, visando incluir mais elementos do tempo, as previsões em tempo real são hoje vistas como a maior realização intelectual e avanço científico das ciências atmosféricas no século XX (HARPER ET AL, 2007). Esta conquista só foi possível graças aos avanços tecnológicos na área de Tecnologia da Informação, permitindo a construção de computadores com grande capacidade de processamento e alta velocidade de comunicação.

O surgimento da Internet, por sua vez, além de interligar diferentes instrumentos de medição aos próprios computadores, vem permitindo a divulgação dos resultados obtidos para qualquer computador interligado à rede.

Mesmo que ainda exista uma assimetria em relação ao acesso a dados e informações disponibilizadas na Internet, seja por questões de infra-estrutura (indisponíveis em regiões menos favorecidas) ou econômicas (em relação à possibilidade de custeá-la), esta nova realidade informacional proporcionou ampla divulgação de dados e produtos meteorológicos, numa escala jamais antes vista.

Em relação às questões científicas e tecnológicas, pode-se dizer que a Meteorologia representa um sistema tecnológico complexo envolvendo: a transmissão de dados oriundos de uma rede de estações de observação em terra, no mar, na atmosfera e no espaço; a transmissão e assimilação destes dados por centros de processamento computadorizados em tempo real e sua redistribuição a outros serviços meteorológicos localizados pelo mundo (EDWARDS, 2004).

Tendo em vista que as redes de dados meteorológicos estão em operação desde o século XIX, a quantidade de dados disponíveis cresceu avassaladoramente. Não foi só uma questão de quantidade de pontos de observação; houve a inserção de novas maneiras de coletar dados como as observações em altitude (disponíveis desde o século XX) e dados gerados à distância por novas tecnologias como radares, radiossondas e sondas em satélites. Esta nova caracterização – envolvendo uma multiplicidade de novos equipamentos, vários formatos de dados e alta velocidade de transmissão – alterou profundamente as características das redes de observação meteorológicas atuais em relação ao passado.

A evolução dos instrumentos de observação aumentou a precisão dos dados obtidos e a facilidade de transmissão aos centros de processamento, multiplicando os tipos de dados disponíveis para análise e para a elaboração de previsões.

Em relação aos instrumentos de observação podemos distinguir várias categorias (DJURIC, 1994).

Em relação a **observações visuais**, a fotografia é uma forma de registro. Fotografias de superfície podem ser usadas para o estudo de processos relativos a formação de tempestades.

Os **equipamentos de medição direta** envolvem sensores localizados no ponto exato onde o estado da atmosfera é observado. Os **instrumentos de sensoriamento remoto** são aqueles que recebem sinais enviados a um ponto distante do local de interesse como observações aéreas, via satélite ou espaciais.

O termo sensoriamento remoto é normalmente restrito a métodos que detectam e medem energia eletromagnética, incluindo luz visível que interagiu com materiais na superfície ou na atmosfera (MAVI E TUPPER, 2004). Os sensores utilizados podem ser ativos e passivos. Os ativos são aqueles que transmitem sua própria radiação eletromagnética para detectar um objeto ou escanear uma área de observação. São exemplos o radar, o lidar e o altímetro a laser. Sensores passivos identificar apenas radiações emitidas pelos objetos, como a reflexão da luz solar. São exemplos o radiômetro e o espectrômetro.

As observações meteorológicas podem ser **sinópticas** ou **assinópticas**.

As observações sinópticas são aquelas efetuadas ao mesmo tempo.

As assinópticas refletem vários tempos, ou seja, observações não sincronizadas oriundas de plataformas diferentes como aeronaves e satélites. A análise de dados assinópticos pode ser chamada também de **análise de quatro dimensões** tendo em vista que em adição às três coordenadas espaciais se utiliza também a coordenada tempo. Os sistemas de assimilação de dados assinópticos são considerados sistemas de quatro dimensões tendo em vista que incorporam dados continuamente – sem a necessidade de estabelecer padrões de coleta de dados simultâneos.

Ocorre, porém, que as observações sinópticas nem sempre são coletadas no mesmo tempo exato. Estações de superfície necessitam de cerca de 10 minutos para efetuar todas as leituras; radiossondas, cerca de uma hora. Observações de satélites e aeronaves coletadas em um intervalo de 3 horas da hora de observação acabam sendo consideradas sinópticas.

Outra categorização tradicionalmente efetuada se refere a observações de superfície ou de altitude (DJURIC, 1994).

As **estações de superfície** convencionais são compostas de vários sensores isolados que registram continuamente os parâmetros meteorológicos (pressão atmosférica, temperatura e umidade relativa do ar, precipitação, radiação solar, direção e velocidade do vento, etc), que são lidos e anotados por um observador a cada intervalo e este os envia a um centro coletor por um

meio de comunicação qualquer.

As estações de superfície automáticas possuem uma unidade de memória central (*data logger*), que integra os valores observados por vários sensores de parâmetros meteorológicos (como os da estação convencional) automaticamente a cada hora. Estações automáticas revelam-se bons instrumentos para coletar dados climáticos e agrometeorológicos e são necessárias a muitos programas operacionais de tempo real. Mesmo que o custo de instalação seja relativamente elevado, no longo prazo, as estações automáticas revelam-se eficientes no processamento e armazenamento de dados (DORAISWAMY ET ALLI, 2000).

Em relação às **estações de observação de altitude**, estas são também chamadas de radiossondas. A radiossonda é um conjunto de instrumentos e sensores de temperatura, umidade relativa e pressão atmosférica, elevados por um balão inflado com gás hélio até alturas típicas da ordem de 30 Km. O deslocamento da sonda é registrado por uma antena GPS que permite a medida da direção e velocidade do vento. Os dados observados, minuto a minuto, são enviados via rádio para a estação receptora no solo que os processa, gera uma mensagem codificada e a envia para o centro coletor onde ocorrerá a distribuição global.

Atualmente há um grande número de instrumentos e plataformas de observação (DJURIC, 1994). As melhorias relacionadas a tecnologias envolvendo radares e satélites bem como a automatização de muitos instrumentos oferecem novas possibilidades às análises meteorológicas.

Todos estes novos instrumentos auxiliados pelos meios de telecomunicações rendem uma quantidade de enorme de dados (incrivelmente maior do que na época em que a grande maioria dos dados eram coletados por estações manuais de superfície ou através de radiossondas). O desenvolvimento dos computadores e o crescente aumento de sua capacidade de processamento e armazenamento, paralelamente à evolução dos instrumentos de medição, permitiu a utilização de novas técnicas para processamento e também a construção de bases de dados robustas e confiáveis.

Atualmente o emprego de supercomputadores é essencial para o processamento das previsões do tempo, evoluindo sempre em relação à velocidade, confiabilidade, aumento do período das previsões e da resolução espacial, de forma a permitir a constante evolução dos modelos utilizados nas previsões.

A seguir será descrito o processo de institucionalização da Meteorologia no contexto brasileiro a partir do século XIX.

1.4 Processo de institucionalização da Meteorologia no Brasil

Silva (2003) efetua uma análise sócio-técnica da Meteorologia brasileira descrevendo seus aspectos históricos e os principais atores envolvidos. Este campo do conhecimento se desenvolveu no Brasil também inicialmente por intermédio de observações individuais tanto pelos índios quanto pelos primeiros colonizadores, corroborando a divisão histórica desenvolvida por Fleming (1998). O processo brasileiro, no entanto, foi marcado pela forte presença estrangeira, representada principalmente por estudiosos europeus.

A chegada na família real portuguesa ao Brasil em 1808 marca o início da institucionalização deste setor e da própria estrutura formal do Governo brasileiro.

Em 1860 é criada a Secretaria de Estado dos Negócios da Agricultura, Comércio e Obras Públicas, por decisão da Assembléia Legislativa, integrando a estrutura formal do gabinete de Dom Pedro II. Esta estrutura se manteria por 32 anos, extinta no início do Regime Republicano, com a incorporação de suas atividades pelo Ministério da Indústria, Viação e Obras Públicas.

A Repartição Central Meteorológica do Ministério da Marinha foi criada em 1880 (LIMA, 2007; SILVA, 2003). Neste período a rede de observação brasileira ainda era modesta, com estações dispersas pelo território nacional.

Em 1909, os assuntos referentes ao setor agrícola voltaram a ter destaque, com a criação do Ministério da Agricultura, Indústria e Comércio e em 1930, este ministério passaria a compor a estrutura governamental da República (MAPA, 2011).

Em 1909, é também criada a Diretoria de Meteorologia e Astronomia do Ministério da Agricultura, sediada no Observatório Nacional do Rio de Janeiro, criando condições para uma ampliação da rede de observação meteorológica, com a aquisição de equipamentos modernos. Esta Diretoria deu origem ao atual Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), que hoje está vinculado ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA.

Em 1917 é desenvolvido o primeiro mapa sinóptico de previsão do tempo por Joaquim de Sampaio Ferraz e iniciado um serviço de previsão do tempo para a cidade e o estado do Rio de Janeiro.

Neste momento passou a ser evidente que a vinculação do serviço meteorológico ao campo da Astronomia acabava por limitar a atuação de seus profissionais à expansão e manutenção da rede de observação e ao desenvolvimento de previsões do tempo em pequena escala (SILVA, 2003). Nesta perspectiva se efetua, em 1921, o desmembramento do Observatório Nacional, com a criação de uma Diretoria de Meteorologia. Na década de 30, durante o Estado Novo, verifica-se uma fase conturbada da Meteorologia brasileira. Com o início da Segunda Guerra houve até um desaparecimento momentâneo desta Diretoria.

No início da década de 1940, há uma retomada das discussões sobre um sistema nacional de previsão do tempo e em 1943 é criado o Serviço Meteorológico Aeronáutico no recém-criado Ministério da Aeronáutica (SILVA, 2003), com a principal atribuição de elaborar previsões do tempo. Após 1945 este serviço passou a efetuar estudos teóricos e aplicados a fim de compreender melhor os fenômenos atmosféricos visando melhorias no processo de elaboração da previsão do tempo.

Após a Segunda Guerra, já existia no país um grupo maior de atores desenvolvendo estudos no campo da Meteorologia; a rede operacional já estava mais organizada e equipada e as técnicas utilizadas para elaboração de previsões do tempo eram similares às utilizadas nos países europeus e nos Estados Unidos.

Em 1958 foi criada a Sociedade Brasileira de Meteorologia – SBMET com o objetivo de promover, incentivar e divulgar o estudo da Meteorologia em todos os seus aspectos (SANTIAGO, 2006).

A década de 1960 é globalmente marcada por uma intensa evolução tecnológica, representada pelos desenvolvimentos em informática, telecomunicações e equipamentos de observação (satélites, radares, telemetria, sondas), conforme indicado em seção anterior deste capítulo. No Brasil, esta evolução foi acompanhada pelo desenvolvimento de técnicas de processamento de dados, de modelos numéricos de previsão do tempo e do clima e pelo tratamento de imagens digitalizadas (SILVA, 2003).

Em 1961, um decreto presidencial cria o Grupo de Organização da Comissão Nacional de Atividades Espaciais – GOCNAE, que pode ser considerado um embrião do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE (INPE, 2010). Em 1963, o GOCNAE passa a se chamar CNAE - Comissão Nacional de Atividades Espaciais. No ano seguinte o Ministério da Aeronáutica estabelece o Grupo de Trabalho de Estudos e Projetos Espaciais - GTEPE. E em 1965 são promovidas as primeiras campanhas de lançamento de foguetes de sondagem a partir do Centro de Lançamento da Barreira do Inferno (Natal/RN). Em 1966 se dá o início do programa Meteorologia por Satélite (MESA), com a recepção de imagens meteorológicas. Em 1969 se iniciam as atividades de sensoriamento remoto. Em 1971 a CNAE é extinta com a criação do INPE - Instituto de Pesquisas Espaciais, vinculado ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq. Com a criação do Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT, em 1985, o INPE passa a integrá-lo, como órgão autônomo.

Na década de 1960, dá-se ainda a mudança da sede do Serviço Nacional de Meteorologia para Brasília, DF; a implementação de uma rede básica de estações de observação e de telecomunicações com o uso de imagens de satélites; e o crescimento da participação brasileira nas atividades da Organização Meteorológica Mundial – WMO (na sigla em inglês).

A WMO foi originada a partir da Organização Meteorológica Organizacional – IMO (na sigla em inglês). Constitui-se em uma agência da Organização das Nações Unidas, estabelecida em 1951, especializada em questões associadas ao comportamento da atmosfera, a meteorologia e clima, a hidrologia operacional e ciências geofísicas relacionadas e suas interações com oceanos, ao clima gerado e à distribuição de recursos hídricos. Tendo em vista que as questões de tempo, clima e ciclo das águas ocorrem independentemente das fronteiras nacionais, considera-se que a cooperação internacional em

escala global é essencial ao desenvolvimento da meteorologia e da hidrologia operacional.

A WMO provê, assim, uma estrutura para as cooperações internacionais, por intermédio da formação de redes que permitam o compartilhamento e intercâmbio de dados meteorológicos, climatológicos, hidrológicos e geofísicos. Para que isto seja possível torna-se essencial promover a padronização das unidades e periodicidades de medidas bem como promover ações de transferência de tecnologia, treinamento e pesquisa científica. A WMO estimula a colaboração entre as Nações membros e seus Serviços Nacionais de Meteorologia e Hidrologia de forma a contribuir para a estruturação de serviços públicos de meteorologia, envolvendo os setores agrícolas, de aviação, naval, de meio ambiente, disponibilidade de água e a mitigação dos impactos de desastres naturais (WMO, 2011).

Em relação à educação formal em Meteorologia no Brasil, na década de 1950, a publicação do decreto presidencial No. 44.91 marca o início das atividades de ensino neste campo com a criação do Curso Técnico de Meteorologia, em 1958, para formação de técnicos (OLIVEIRA, 2009).

Em 1959 foi criado o primeiro curso técnico em Meteorologia pela Escola Técnica Federal Celso Suckow (atual CEFET) no Rio de Janeiro. Em 1962, foi criado o primeiro curso superior de Meteorologia do Brasil, na Universidade Federal do Rio de Janeiro, com o apoio e participação da WMO.

Tendo em vista que as atividades meteorológicas brasileiras estavam divididas entre os Ministérios da Agricultura, Marinha e Aeronáutica, foi promovida em 1963 uma primeira iniciativa para estabelecer uma unidade de ação com a criação do Grupo de Trabalho Misto de Meteorologia – GTMM (ASSAD, 2006; SANTIAGO, 2006). Suas atribuições envolviam: estabelecer a cooperação entre os vários órgãos meteorológicos, incentivar a formação de meteorologistas bem como uniformizar o ensino no setor.

O Quadro 1.1 evidencia a evolução do processo de institucionalização do setor Meteorológico brasileiro ao longo dos anos.

1808	Dá-se a vinda da Família Real Portuguesa para o Brasil, início de ações de institucionalização da Meteorologia e outros setores
1860	Criada a Secretaria de Estado dos Negócios da Agricultura, Comércio e Obras Públicas
1880	Criada a Repartição Central Meteorológica do Ministério da Marinha.
1909	Dá-se a criação do Ministério da Agricultura, Indústria e Comércio e em 1930, o ministério passaria a compor a estrutura governamental da República
1909	É criada a Diretoria de Meteorologia e Astronomia do Ministério da Agricultura, sediada no Observatório Nacional do Rio de Janeiro (que daria origem ao atual Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), hoje vinculado ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA).
1917	É desenvolvido o primeiro mapa sinóptico de previsão do tempo e iniciado um serviço de previsão do tempo para a cidade e o estado do Rio de Janeiro
1921	Se dá o desmembramento do Observatório Nacional, com a criação de uma Diretoria de Meteorologia.
década de 1930	Ocorre uma fase conturbada da Meteorologia brasileira, sendo registrado um desaparecimento momentâneo desta Diretoria com o início da Segunda Guerra Mundial.
década de 1940	Dá-se a criação do Serviço Meteorológico Aeronáutico no recém-criado Ministério da Aeronáutica (1943) e são retomadas as discussões sobre um sistema nacional de previsão do tempo.
Pós-guerra	Se estabelece um maior corpo de atores atuando no campo da Meteorologia; com uma rede de observações mais organizada e equipada, utilizando-se de técnicas de previsões do tempo eram similares àquelas utilizadas nos países europeus e nos Estados Unidos.
1951	é criada a Organização Meteorológica Mundial – WMO (na sigla em inglês), como uma agência da Organização das Nações Unidas
1958	é criada a Sociedade Brasileira de Meteorologia - SBMET
fins da década de 1950	Se iniciam as atividades de ensino técnico e superior em Meteorologia.
1961	Um decreto presidencial cria o Grupo de Organização da Comissão Nacional de Atividades Espaciais – GOCNAE, que viria a dar origem ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE .
1963	É promovida uma primeira iniciativa para estabelecer uma unidade de ação no campo da Meteorologia com a criação do Grupo de Trabalho Misto de Meteorologia – GTMM.

Quadro 1.1 – Evolução da institucionalização da Meteorologia Brasileira

a partir de 1808 até a década de 1960. Autoria própria.

Ainda em 1968, foi emitida portaria ministerial estabelecendo a cobrança de taxas decorrentes ao fornecimento de dados meteorológicos pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, órgão federal da administração direta do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. Tem a missão de “prover informações meteorológicas confiáveis à Sociedade Brasileira e influir construtivamente no processo de tomada de decisão, contribuindo para o desenvolvimento sustentável do País” (INMET, 2010).

O fato de que o INMET cobrasse taxas para fornecer dados meteorológicos acabou por dificultar o acesso aos mesmos, levantando uma discussão relativa ao caráter público ou privado dos dados coletados a partir de uma rede pública de observação. Os serviços relativos à emissão de relatórios de dados meteorológicos são cobrados pelo INMET até os dias de hoje, conforme indicado no *website* da instituição (INMET, 2010).

Existe uma importante discussão na Meteorologia brasileira sobre o caráter público (ou não) dos dados gerados por várias instituições públicas de pesquisa ou operacionais no território brasileiro.

Uma vertente dos meteorologistas que considera que o dado coletado por fonte pública, com recursos do contribuinte, deve ser disponibilizado gratuitamente aos cidadãos brasileiros. Outras correntes são favoráveis à venda do dado meteorológico para aqueles que dele pretendem se utilizar, gerando uma contrapartida para a instituição que os coletou.

Da mesma maneira, OECD (2004), discorre sobre a visão da ciência como um bem público, descrevendo duas lógicas. A primeira se relaciona à livre circulação de informação; a segunda envolve a questão da propriedade privada e conseqüentemente de um processo de retenção da informação.

Assim como a ciência constitui-se como um importante elemento da vida cultural do planeta, os dados meteorológicos e as informações geradas através dele constituem-se em um importante instrumento de tomada de decisão a nível individual (relacionado ao planejamento dos cidadãos) e também ao nível macro envolvendo a sociedade como um todo e, mais que isso, gerando importantes impactos econômicos (envolvendo diversos setores como agricultura, aviação, energia, navegação, entre outros) e sociais (no caso da prevenção de eventos meteorológicos extremos, da ocorrência de doenças, associadas ao clima, etc).

Desta forma, a livre circulação de dados meteorológicos e dos produtos a ele associados evita perdas associadas ao clima e produz benefícios por intermédio da redução de riscos e da prevenção.

Neste caso, estamos falando de **dados**, que se referem a uma informação factual, codificada, e **previsões** e **produtos agrometeorológicos** que envolvem um conhecimento incorporado – associado ao *know-how* e a experiência dos meteorologistas, agrometeorologistas e agrônomos relacionado à interpretação, análise e transformação dos dados brutos.

A livre circulação de dados e informação permite que estes sejam utilizados por outros; e não impede que sejam utilizados por aquele que a coletou e processou. Em geral, quanto mais utilizados, maior seu valor, pois estes se provam úteis e aplicáveis

O fato é que para usar dados e conhecimentos meteorológicos, disponibilizados livremente e economicamente relevantes, tornou-se necessário mobilizar um arranjo de instituições de pesquisa, empresas, associações, representantes do governo que formam redes, que se desenvolvem de forma autônoma, em trajetórias próprias. Estas redes são um híbrido das redes tecnológicas da engenharia, das redes de relacionamentos sociais e das redes textuais dos especialistas em discurso.

A abordagem de redes desenvolvida por Callon (1991) pode ser aplicada ao Sistema Meteorológico Brasileiro: um coletivo de organizações que possui uma infra-estrutura informacional de equipamentos e comunicação, que coleta e armazena dados, e, mais importante, que gera informação e conhecimentos sobre o setor. O grau de coordenação e colaboração entre estas instituições, distribuídas entre vários Ministérios do Governo Federal, é algo que será analisado ao longo deste capítulo.

Em relação à malha de observação meteorológica brasileira atual, segundo INMET (2010), os principais órgãos operacionais que mantêm rede de observação em nível nacional são: Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA; Departamento de Controle do Espaço Aéreo - DECEA do Comando da Aeronáutica e a Diretoria de Hidrografia e Navegação - DHN do Comando da Marinha, ambos do Ministério da Defesa, e Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais do Ministério da Ciência e Tecnologia – INPE vinculado ao Ministério da Ciência e Tecnologia - MCT.

No que se refere às iniciativas relacionadas à elaboração de previsão do tempo, duas instituições públicas são mais representativas: o Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (MAPA) e o Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC vinculado ao INPE/MCT.

O INMET possui uma sede e 5 Coordenações em Brasília e dez Distritos de Meteorologia - DISME no país. É responsável por uma extensa rede de estações meteorológicas e por um sistema de telecomunicações para coleta e disseminação dos dados meteorológicos no país. É também responsável por interligar o Brasil com todos os serviços meteorológicos mundiais. Suas atividades envolvem, principalmente, Monitoramento, Análise e Previsão do Tempo e Clima, fundamentados em pesquisa aplicada por intermédio de técnicas de previsão numérica, com modelos matemáticos de simulação do tempo e clima, utilizados para compor produtos que auxiliam no planejamento e na elaboração de estudos e previsões.

O CPTEC, vinculado ao INPE, órgão do Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT, desenvolve e opera modelos numéricos de previsão do tempo e clima, processa dados de satélites meteorológicos e desenvolve pesquisas em meteorologia, clima e temas correlatos. (CPTEC, 2010).

Ambas as instituições vêm, desde 2004, atuando conjuntamente para desenvolver previsões por intermédio de reuniões mensais de preparação e finalização, a fim de produzir um boletim conjunto. Este boletim reflete o consenso estabelecido entre os meteorologistas do CPTEC e do INMET no que diz respeito à evolução de variáveis como temperatura e precipitação.

Ainda na área pública, o Brasil possui secretarias e centros estaduais de meteorologia localizados em vários estados como: Alagoas, Amapá, Bahia, Ceará, Distrito Federal, Espírito Santo, Goiás, Maranhão, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Pará, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, Rio Grande do Norte, Rondônia, Santa Catarina, Sergipe e Tocantins.

LIMA (2007) indica algumas deficiências do sistema de meteorologia brasileiro envolvendo a obsolescência da rede de observação, dificuldades de acesso às bases de dados meteorológicas, à falta de homogeneidade em relação ao formato de dados disponíveis e dificuldades em transmissão de dados. A esta problemática tecnológica somam-se ainda algumas questões de caráter institucional e organizacional como a falta de uma maior integração entre as

instituições federais de meteorologia (entre si e com os estados da federação), a falta de cooperação entre instituições dentro dos próprios estados e a ausência de um meio de comunicação oficial entre o serviço de meteorologia e a população.

Este conjunto de limitações faz com que, em muitos centros regionais, as informações meteorológicas sejam deficientes para a previsão de fenômenos que afetam diretamente as atividades da sociedade. Além disso, as previsões acabam por não atingir os usuários finais (cidadãos) de forma adequada e com tempo hábil para proporcionar ações de planejamento e segurança.

Várias iniciativas foram desenvolvidas visando uniformizar as ações no campo da Meteorologia e estabelecer estratégias e diretrizes únicas para o setor (ASSAD, 2006).

Em 1985, o decreto 91.539 de 19 de agosto de 1985, criou a Comissão Nacional de Meteorologia – a CONAME vinculada ao Ministério da Agricultura e integrada por representantes dos Ministérios da Aeronáutica, da Ciência e da Tecnologia, do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente, da Educação, da Fazenda, do Interior, da Marinha, das Minas e Energia, da Reforma e Desenvolvimento Agrário, e das Relações Exteriores. Faziam parte da CONAME o presidente do INMET e um representante da SBMET. Esta comissão foi transferida para o Ministério da Ciência e Tecnologia em 1986 e extinta em 1991.

Oliveira (2009) aponta, como resultado desta ação político-institucional, a alocação de recursos para modernização tecnológica do sistema nacional de meteorologia; a proposta de criação de um centro de excelência dedicado à previsão numérica do tempo envolvendo o desenvolvimento de modelos para os centros operacionais (não envolvia serviços a usuários).

Na década de 1980, dá-se, no Brasil, um enorme progresso tecnológico caracterizado pela utilização de satélites e radares meteorológicos e pela formação e pós-graduandos de alto-nível. Em 1985, a automação de processos apresenta-se como uma ferramenta importante na confecção das cartas meteorológicas.

Em 1994, foi criado o CPTEC/INPE. Também na década de 1990, ocorre um processo de modernização do INMET envolvendo a aquisição de equipamentos de informática e o acesso a dados de satélite. Em 1992, o INMET se torna um órgão da estrutura básica do MAPA.

Em meados da década de 1990, o Brasil implanta o Sistema de Modelagem Numérica com o uso de supercomputadores. Em 1999, os computadores do INMET começaram a executar o

modelo regional usado no Serviço Meteorológico da Alemanha. Em 2000, passa a ser utilizado o Modelo Brasileiro de Alta Resolução com mapas e prognósticos de chuvas, cobertura de nuvens, ventos e temperatura para até 48 horas (OLIVEIRA,2009).

Em 1999, foi criada a Comissão de Coordenação das Atividades da Meteorologia, Climatologia e Hidrologia - CMCH, no âmbito do Ministério da Ciência e Tecnologia - MCT, com a finalidade de coordenar a política nacional para o setor.

Esta Comissão foi regulamentada pelo Decreto No. 6.065/2007 (PRESIDÊNCIA, 2007) e é composta por representantes de diversos órgãos e Ministérios como MCT, INMET, INPE, Ministério da Defesa (comandos da Marinha, do Controle do Espaço Aéreo, e o Exército), Ministério do Meio Ambiente, Ministério da Defesa Civil, Agência Nacional de Energia Elétrica, Ministério da Educação, Ministério dos Transportes, Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, Ministério da Fazenda, Embrapa, SBMET, Sociedade Brasileira de Agrometeorologia – SBA, Associação de Recursos Hídricos – ABRH, entre outros. A CMCH é um órgão colegiado do MCT, conforme o Decreto 5.886/2006 (PRESIDÊNCIA, 2006).

Uma proposta de política nacional de Meteorologia e Climatologia foi elaborada e publicada (SILVA ET AL, 2008) e atualmente está em fase de tramitação no Senado Federal. Os objetivos desta política envolvem assegurar à sociedade brasileira o provimento de informações meteorológicas e climatológicas de qualidade, essenciais à preservação da vida e do meio ambiente, à defesa nacional, ao bem estar social, ao desenvolvimento econômico e outras demandas sociais.

Seus principais elementos envolvem a criação de um Sistema Nacional de Meteorologia e Climatologia; a elaboração de Planos de Ação e o estabelecimento de Fundos Setoriais e Agências de Fomento. Nesta proposta, o Sistema Nacional de Meteorologia e Climatologia, composto por órgãos, agências e entidades nacionais, públicas e privadas do setor, estabelecerá a realização de atividades integradas e sistêmicas abrangendo todo o espectro de ações relacionadas à coleta básica de dados, processamento e disseminação de informações incluindo a pesquisa científica e tecnológica e a capacitação de pessoal.

Espera-se que esta ação integradora venha contribuir com algumas questões levantadas por Assad (2006) em relação a algumas necessidades do sistema meteorológico brasileiro como: a ampliação da capacidade de monitoramento meteorológico e ambiental; a melhora da qualidade das previsões meteorológicas e climáticas (por região, aumento de resolução, etc); a ampliação do

acesso e da utilização dos dados e informações gerados pelos órgãos que coletam dados meteorológicos; a ampliação da coordenação entre os órgãos do setor (serviços regionais e da rede básica); o fortalecimento de laboratórios de instrumentos e da pesquisa com monitoramento meteorológico por satélite; e a integração de banco de dados meteorológicos e climáticos facilitando seu acesso ao público.

As enchentes e desabamentos ocorridos em vários estados brasileiros nos anos 2010 e 2011 reavivaram a discussão sobre a criação de um Sistema Nacional de Meteorologia, enfocando especialmente a emissão de alertas relacionados a fenômenos extremos visando à prevenção de desastres. A criação de um Sistema Nacional de Prevenção e Alerta de Desastres Naturais foi anunciada pelo governo brasileiro em janeiro de 2011 visando criar um sistema de alerta para prevenir os desastres naturais mais comuns no Brasil como: deslizamentos de terra, inundações, ressacas, secas e vendavais. A previsão de conclusão do sistema é 4 anos, envolvendo o aquisição de pluviômetros e radares e a interligação dos radares existentes, incluindo os radares da Força Aérea Brasileira – FAB (PORTAL TERRA, 2011).

Mas, além de criar normativamente um Sistema Nacional, torna-se essencial promover a coordenação e integração dos diversos organismos atuando no setor de Meteorologia, visando proporcionar intercâmbio de dados, de equipamentos, de técnicos e de *know-how* a fim de possibilitar a geração de informações e conhecimento relevantes, efetivamente comunicados aos públicos de interesse.

O objetivo de uma estrutura tão complexa é contribuir para com a sociedade, seja na previsão de fenômenos extremos ou na indicação das condições futuras do tempo, que interessam não só aos cidadãos comuns, mas também, a vários setores econômicos.

LIMA (2007) avalia que o setor agrícola é um dos que mais se beneficia financeiramente do monitoramento e das previsões meteorológicas e climáticas que permitem reduzir os riscos relacionados às condições de tempo e clima, proporcionando redução de perdas e aumento de produtividade por intermédio do uso adequado de informações meteorológicas. Um exemplo destas informações são as recomendações oferecidas pelo Zoneamento Agrícola de Riscos Climáticos, uma política agrícola promovida pelo MAPA.

O próximo item descreve o campo científico da Agrometeorologia e o ambiente institucional desta ciência no Brasil.

1.5 O campo científico da Agrometeorologia

A agricultura é uma das atividades econômicas mais dependente das condições climáticas; estas afetam não só as atividades de gestão da propriedade como o processo metabólico das plantas (SENTELHAS E MONTEIRO, 2009). Variações no clima afetam a relação das plantas com os microorganismos, insetos, fungos e bactérias, de forma a favorecer ou não a ocorrência de pragas ou doenças e demandando medidas de controle adequadas. Várias práticas agrícolas de campo como o preparo de solo, a semeadura, a adubação, a irrigação, a pulverizações e a colheita, dependem também das condições do tempo e de umidade do solo para que possam ser realizadas de forma eficiente (PEREIRA ET AT, 2002).

Assim, o campo da Meteorologia Agrícola ou **Agrometeorologia investiga as resposta dos organismos vivos ao meio atmosférico**. Seu principal objetivo é reduzir riscos relacionados às condições do tempo e clima a fim de incrementar a produtividade agrícola. Envolve o estudo dos processos físicos da atmosfera que produzem as condições de tempo que afetam a produção agrícola, incluindo as plantas cultivadas, o gado, as aves, bem como insetos e microrganismos de importância econômica.

A Agrometeorologia é uma ciência multidisciplinar por definição, reunindo uma série de conhecimentos necessários à análise e ao entendimento das relações entre o ambiente físico e as atividades agrícolas bem como à orientação das condições de manejo (MONTEIRO, 2009). Mavi et Tupper (2004) apontam que as principais disciplinas científicas relacionadas à Agrometeorologia são: ciências relacionadas ao ambiente físico como as ciências atmosféricas e a ciência de solos, e as ciências relacionadas à Biosfera como ciências que estudam plantas e animais, incluindo suas patologias, entomologia e parasitologia.

Apesar de ciência inter-disciplinar, a Agrometeorologia possui um escopo bem definido: envolve a aplicação de competências meteorológicas relevantes para auxiliar os produtores agrícolas a fazer um uso eficiente dos recursos físicos disponíveis a fim de promover melhorias na produção – tanto em quantidade como qualidade – e também o uso sustentável da terra (MAVI

ET TUPPER, 2004).

O uso sustentável da terra remete ao conceito de agricultura sustentável, pesquisado por Sivakumar et al (2000). Em características gerais, a agricultura sustentável envolve um balanço entre as necessidades humanas e as questões ambientais, por intermédio da compreensão dos impactos de longo prazo das atividades agrícolas ao meio ambiente e outras espécies.

Em relação às aplicações da Agrometeorologia, estas envolvem as interações entre fatores meteorológicos e hidrológicos em relação à agricultura. Esta ciência oferece principalmente estratégias para reduzir os efeitos adversos do clima nas culturas.

Motta (1987) enumera várias aplicações das técnicas meteorológicas às operações de campo como: previsão e proteção contra geadas, avisos contra fogo nas florestas, planejamento da irrigação, calendários de plantios e colheitas, seleção de locais para culturas, controle de insetos, controle de doenças. Além disso, o planejamento de algumas operações da propriedade pode ser efetuado levando-se em conta os elementos climáticos como: o espaçamento entre linhas de uma determinada cultura, a época de aplicação de fertilizantes, a seleção de variedades e transplantes.

As principais variáveis meteorológicas que afetam o crescimento, desenvolvimento e a produtividade de uma cultura são: chuva, temperatura do ar e radiação solar, fotoperíodo, umidade do ar e do solo, velocidade e direção do vento (PEREIRA ET AL., 2002; MAVI E TUPPER, 2004).

A **chuva** age de forma indireta, afetando o crescimento e o desenvolvimento de culturas e a disponibilidade hídrica do solo que irão influenciar na quantidade de água a ser absorvida pelas raízes da planta bem como o estado hídrico das culturas (SENTELHAS E MONTEIRO, 2009) Períodos de poucas chuvas impactam negativamente sobre a fotossíntese. Chuvas excessivas, por outro lado, reduzem a oxigenação do solo, diminuindo a atividade radicular bem como a absorção de água e nutrientes pela planta.

A **temperatura** influencia os processos de respiração, de manutenção, de transpiração, o repouso vegetativo, a duração das fases fenológicas das culturas, florescimento, conteúdo de óleo em grãos e germinação de sementes, entre outras (PEREIRA ET AL, 2002). Em função de seu potencial de influência, a temperatura, em conjunto com a chuva, é uma das principais variáveis a serem consideradas no zoneamento de riscos climáticos.

A **radiação solar** provê a energia necessária aos processos relacionados com a fotossíntese, afetando a produção de carboidratos e conseqüentemente o crescimento de biomassa das plantas.

O **vento** pode influenciar positiva ou negativamente uma cultura, dependendo de sua velocidade. Em velocidades baixas a moderadas, o vento renova o suprimento de CO₂ e contribui para a manutenção da transpiração das plantas. Em velocidades excessivamente altas, o vento eleva demasiadamente a transpiração das plantas provocando o fechamento dos estômatos e a redução da quantidade de folhas e da área foliar levando à queda da taxa de fotossíntese. Adicionalmente, ventos intensos provocam danos mecânicos nas plantas, como quebra de galhos e queda de folhas.

A **umidade do ar** é outra variável que atua de forma indireta sobre as culturas influenciando a evaporação do ar e condicionando a transpiração. A umidade do ar influencia fortemente na interação entre as plantas e os microrganismos – em especial fungos e bactérias que provocam doenças e pragas nas culturas. Em condições de alta umidade, a ocorrência de doenças é favorecida.

A Agrometeorologia contribui para com a resiliência na agricultura, uma capacidade e habilidade dos sistemas agrícolas em enfrentar e superar condições adversas como clima desfavorável, epidemias (pragas e doenças), oscilações de mercado e de custos de produção (MAVI E TUPPER, 2004).

Considerando a grande importância das condições meteorológicas e climáticas para a agricultura, o uso deste tipo de informação é fundamental para a sustentabilidade da agricultura (SENTELHAS E MONTEIRO, 2009).

O próximo item discorre sobre as informações agrometeorológicas, a evolução tecnológica relacionada, os produtos gerados e seus clientes potenciais.

1.5.1 Informações agrometeorológicas: evolução tecnológica e disponibilidade

Considerando que desde a semeadura até a colheita, as mais variadas atividades agrícolas são promovidas em função das condições climáticas, o conhecimento antecipado destas, em função do acompanhamento diário e da utilização da previsão do tempo constitui-se em ferramenta fundamental para a agricultura.

A associação das informações meteorológicas disponíveis com os avanços científicos e tecnológicos nas áreas de agrometeorologia, climatologia, meteorologia, sensoriamento remoto, geoprocessamento e tecnologia de informação, vem aumentando as possibilidades de que os agricultores possam fazer um uso eficiente dos produtos agrometeorológicos visando adaptar suas atividades às variabilidades e mudanças do clima visando reduzir os riscos associados ao tempo e clima.

As informações agrometeorológicas associam os dados meteorológicos aos requerimentos dos cultivos a fim de estimar os impactos das condições meteorológicas e climáticas nas culturas e práticas agrícolas (SENTELHAS E MONTEIRO, 2009).

Quando uma operação agrícola necessita ser cancelada em virtude de condições climáticas adversas ou principalmente quando ela ocorre sob condições inadequadas, verifica-se uma elevação nos custos de produção, reduzindo a competitividade da propriedade agrícola. No Brasil, estima-se que a redução das perdas e o aumento da produtividade decorrentes do uso adequado de informações meteorológicas seja de cerca de US\$ 2 bilhões anuais (LIMA,2007).

Para que os agricultores possam tomar decisões mais precisas com base nas condições do tempo torna-se necessário transformar os dados coletados em informações meteorológicas úteis e disseminá-las a fim de aumentar seu alcance (SENTELHAS E MONTEIRO, 2009). Estes serviços devem ser prestados por órgãos de caráter governamental utilizando-se de sistemas de informação agrometeorológica. Agrometeorologia Operacional é a atividade que envolve o monitoramento diário das condições ambientais existentes e a elaboração de informes específicos.

Em fins da década de 1980, Mota (1987) apontou quais serviços meteorológicos do país deveriam estar disponíveis para atender os agricultores:

- previsões do tempo detalhadas, adaptadas para operações agrícolas comuns;
- serviços de extensão para ensinar aos agricultores como utilizar as informações disponibilizadas;
- observações especializadas do clima no local onde são realizadas as culturas;
- um sistema de comunicação para levar as informações atualizadas sobre o clima como rádio, televisão e jornais impressos.

O autor cita algumas previsões de interesse da agricultura: probabilidade de chuvas, velocidade e direção dos ventos, condições de secagem, orvalho, avisos especiais para a aviação agrícola durante épocas de pulverização e polvilhamento da cultura, previsão de geadas.

Na fase de semeadura dos cereais, informações como previsões de 36 horas até 10 dias sobre umidade do solo, temperatura do solo, temperatura do ar, chuvas e ventos são de grande interesse. Esse mesmo tipo de previsão para 36 horas é importante durante a aplicação de adubos, nos tratos culturais e na aplicação de inseticidas, fungicidas e irrigação.

O planejamento do uso da terra com base nas condições climáticas procura fornecer elementos para o desenvolvimento sustentável da agricultura, considerando aspectos ecológicos, econômicos e sociais a fim de evitar impactos ao meio ambiente e favorecer o uso otimizado dos recursos da propriedade.

Em relação aos usuários das informações agrometeorológicas, Weiss et al (2000) definem uma comunidade que cobre o espectro de instituições e governos até produtores agrícolas de subsistência. Segundo os autores, o que varia é a forma de atingir estas diferentes categorias de usuários.

Rijks et Baradas (2000) descrevem, de forma mais detalhada, os principais clientes de um serviço de agrometeorologia:

8. serviços meteorológicos governamentais;
9. serviços meteorológicos privados;
10. organismos de comunicação como rádios, canais de televisão e *websites* específicos;
11. produtor ou grupo de produtores agrícolas;
12. criadores de animais;
13. associações e cooperativas de produtores e criadores;
14. grupos de pesquisa agrícola;
15. responsáveis por políticas do Ministério da Agricultura e/ou Ministério do Planejamento (desenvolvimento de uma agricultura sustentável, emissão de alertas, redução dos efeitos da seca, controle de enchentes, logística e movimentação de alimentos e sementes);
16. representantes de bancos de desenvolvimento;

17. responsáveis por ações de monitoramento de colheita;
18. embaixadas;
19. serviços de marketing ou pós-colheita;
20. entidades envolvendo ações de conservação ambiental.

Desta forma, considera-se que o conteúdo da informação agrometeorológica não pode ser extensivamente padronizado, considerando os diferentes perfis de usuário existentes.

Em muitos casos os clientes ou potenciais clientes não possuem um claro reconhecimento dos benefícios que a informação agrometeorológica tem a oferecer. Neste caso, o agrometeorologista acaba atuando como um “vendedor” ao descrever as vantagens da utilização dos produtos por diferentes clientelas. Além disso, serviços de Extensão Rural e os meios de comunicação, como programas de rádio, podem ser instrumentos interessantes pra atingir o produtor rural. Boletins agrometeorológicos também são outra forma de disseminar as informações disponíveis.

O **Zoneamento Agrícola de Riscos Climáticos** também é outro veículo que pode ser utilizado para auxiliar o produtor - seja ele grande ou pequeno – a minimizar os riscos associados aos fatores meteorológicos e climáticos, visando incrementar sua produtividade.

Pereira et al (2002) indicam que a delimitação da aptidão das regiões aos cultivos em relação ao clima resulta no Zoneamento Agroclimático. Este se preocupa primeiramente com o macroclima, como o clima de um município, obtido em postos meteorológicos padronizados. As observações padronizadas permitem a comparação de climas em diferentes regiões. O zoneamento não entra em detalhes topoclimáticos, ou seja, que consideram o relevo, uma vez que esta dependeria da análise de cada propriedade.

O produtor pode corrigir algumas deficiências como a falta de água, ou reduzir efeitos de eventos adversos como geadas e granizos; no entanto, não é viável economicamente o cultivo de espécies não adaptadas ao clima de uma dada região (PEREIRA ET AL, 2002). Para elaborar o zoneamento agroclimático de uma grande região é necessário definir objetivos, a escala geográfica do estudo, a caracterização das exigências climáticas das culturas a serem zoneadas, o levantamento climático da região estudada com a elaboração de cartas climáticas básicas e finais.

Quando esta delimitação climática é simultânea à aptidão edáfica (dos solos) têm-se o Zoneamento Agroecológico.

Quando a estas são adicionadas as condições sócio-econômicas tem-se o Zoneamento Agrícola, que embasa o planejamento racional do uso da terra.

Em relação ao processo de tomada de decisão na agricultura, este se torna mais eficiente com a apreciação de informações entre várias opções possíveis, de forma a garantir a competitividade da propriedade. Assim, deve-se considerar fatores climáticos como as condições do tempo e a disponibilidade de água no solo. As informações de previsão do tempo, mesmo que com algum grau de incerteza, permitem o planejamento de decisões futuras de forma a maximizar os resultados a serem obtidos (SENTELHAS E MONTEIRO, 2009).

Várias práticas agrícolas podem se beneficiar do uso eficiente de informações agrometeorológicas que permitem o cálculo de estimativas da produtividade, da qualidade da produção bem como da probabilidade de ocorrência de doenças. Um dos aspectos importantes dos estudos agroclimáticos é a **previsão de safras**.

O próximo item aborda a evolução do campo da Agrometeorologia no Brasil destacando as principais instituições do setor e os relacionamentos estabelecidos.

1.5.2 Desenvolvimento da Agrometeorologia no Brasil

Estudos e pesquisas em agrometeorologia se iniciaram no Brasil a partir de 1950, com a criação da Seção de Climatologia Agrícola do Instituto Agrônomo de Campinas - IAC.

Em 1952, foram iniciadas atividades de ensino e pesquisa em agrometeorologia na Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” vinculada à Universidade Estadual de São Paulo - USP, e na Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, da Universidade Federal de Pelotas – UFP.

Ainda na década de 50, foram formados outros grupos de ensino e pesquisa nos estados de Pernambuco, Pará, Paraná e Rio Grande do Sul.

Na década de 1970, a agricultura se mantinha como um importante segmento da economia brasileira, porém, a despeito do enorme esforço do Governo Federal, a organização do setor continuava a ser promovida nos moldes tradicionais, apresentando grandes distorções regionais e entre as diferentes culturas. Neste período a expansão agrícola se dá com o crescimento da área

plantada e a partir de incentivos financeiros de cunho governamental, ficando em segundo plano as possibilidades de aumento da produtividade relacionadas ao emprego de novas técnicas. Neste período, a orientação da política agrícola nacional era de curto prazo, objetivando a recuperação imediata de áreas e setores menos dinâmicos. Além disso, visa prover infra-estrutura física e institucional para apoiar medidas de longo prazo no sentido de estabelecer um processo contínuo e firme de desenvolvimento do setor (EMBRAPA, 2006).

Tendo em vista estes objetivos, um dos aspectos prioritários dessa política de desenvolvimento se refere ao estabelecimento de um programa de ciência e tecnologia, sendo a pesquisa agrícola e tecnológica de fundamental importância. A fim de gerar incrementos na produtividade, novos processos, métodos e tecnologias agropecuárias a fim de proporcionar o incremento da oferta de alimentos, a expansão das exportações no setor agropecuário bem como aumento de renda dos produtores.

Neste contexto é criada em 1973, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa, empresa pública federal, acompanhada de uma proposta de estruturação de um Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária – SNPA sob a sua coordenação.

Na mesma data (1973), foi fundada a Sociedade Brasileira de Meteorologia Agrícola, hoje Sociedade Brasileira de Agrometeorologia - SBA, filiada à Federação das Associações Latino-Americanas de Agrometeorologia (FALDA) e à Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência. Seus objetivos são: divulgar a existência, grupos e linhas de pesquisa da instituição; implementar a infra-estrutura básica de funcionamento (equipamentos) dos grupos de pesquisa em agrometeorologia no Brasil; promover eventos técnico-científicos, cursos e reuniões de trabalho, visando ao desenvolvimento científico e tecnológico no âmbito da agrometeorologia; editar e divulgar a Revista Brasileira de Agrometeorologia - SBA (SBA, 2009).

A criação da SBA promoveu grande impulso ao desenvolvimento da especialidade tendo em vista que a Sociedade angariou sócios dedicados aos estudos agrometeorológicos em praticamente todos os Estados brasileiros. Segundo a Sociedade Brasileira de Agrometeorologia (SBA,2009), a partir da década de 70 multiplicaram-se os centros de pesquisas agrometeorológicas no País. Instituições atuando em diferentes campos como Ciências Agrárias, Meteorologia, Geografia, Zootecnia, Botânica e Biologia passaram a se dedicar a projetos de estudos, pesquisas e extensão voltados à agrometeorologia científica e aplicada.

Apesar de não existir nenhuma Unidade Descentralizada de Pesquisa da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa até os dias atuais atuando especificamente neste temática, várias Unidades de Pesquisa vem desenvolvendo atividades no âmbito da Agrometeorologia como a Embrapa Cerrados, a Embrapa Clima Temperado, a Embrapa Agropecuária Oeste, Embrapa Informática Agropecuária, a Embrapa Trigo, a Embrapa Soja, entre outras.

A Embrapa vem gradativamente destacando a Agrometeorologia como um tema prioritário de pesquisa em seus planos diretores, que passaram a ser elaborados a partir de 1988. Áreas como o zoneamento agrícola, a modelagem dos efeitos das mudanças climáticas globais na agricultura e condições de manejo e conservação de recursos ambientais, passaram a ser priorizadas pela instituição e projetos de pesquisa envolvendo agrometeorologia tem sido desenvolvidos por intermédio de projetos financiados pelo Sistema Embrapa de Gestão – SEG.

A Embrapa Informática Agropecuária (Campinas, SP) especializou-se na aplicação de tecnologias de informação aos processos agrometeorológicos, desenvolvendo, em parceria com a Unicamp, o Agritempo, um sistema de monitoramento meteorológico disponível na Internet (AGRITEMPO, 2010). Além disso, vários projetos em rede vem sendo desenvolvidos com o objetivos de gerar recomendações de zoneamento agrícola para novas culturas e novos públicos, como os agricultores familiares.

Caramori et al. (2002) indicam que, com a crescente profissionalização da agricultura brasileira, se intensifica a busca por informações relacionadas ao tempo e ao clima e por produtos agrometeorológicos a fim de auxiliar os processos de tomada de decisão agrícola, especialmente após a difusão do acesso à Internet no meio rural.

Além disso, para o desenvolvimento de pesquisas na área torna necessário o investimento em uma ampla rede de equipamentos de coleta e processamento de dados bem como sua calibração e manutenção.

Caramori et al (2002) apontavam que, no início desta década, apenas 20% das estações de observação são automáticas – ou seja, enviam os dados diretamente para uma central informatizada sem a necessidade de coleta manual. 80% das estações disponíveis necessitam de coleta de dados manual, uma limitação em termos de logística que vem a impactar inclusive a precisão dos dados coletados.

As atividades em agrometeorologia no Brasil são mantidas em sua maioria por Governos Estaduais, seguidos por fontes do Governo Federal, advinda da venda de projetos e de informação e da prestação de serviços (CARAMORI ET AL, 2002).

Nas últimas décadas do século XX a agrometeorologia brasileira evoluiu de forma rica e dinâmica (BERGAMASCHI ET AL., 2000); o número de pesquisadores pós-graduados no país e no exterior vem aumentando consideravelmente, contribuindo para a ampliação e refinamento dos trabalhos científicos e experimentais.

Existe uma forte interação das instituições de pesquisas atuando no campo da agrometeorologia com aquelas atuando no campo da meteorologia tendo em vista a possibilidade de compartilhamento de dados meteorológicos e de competências técnicas e científicas.

Os produtos livremente disponibilizados por fornecedores privados de serviços de previsão do tempo brasileiros, como a SOMAR Meteorologia e a Climatempo, possuem uma orientação mais voltada para as necessidades do grande público envolvendo uma visão de curto prazo (“se vai chover amanhã”). Na agrometeorologia, este tipo de precisão representa pouco para o uso prático do produtor que necessita de informações mais específicas.

Tendo em vista que a Meteorologia permeia praticamente todas as ações humanas, as empresas privadas de Meteorologia tem uma estratégia de diversificação visando oferecer produtos para diferentes mercados. A abordagem é totalmente mercadológica, visando à redução de perdas e o aumento da lucratividade. Por exemplo, se o restaurante consultar a previsão do tempo e colocar mais água na feijoada no frio (quando geralmente se come mais feijoada) ou mais sorvete na geladeira no calor, há um potencial significativo de aumentar a lucratividade do estabelecimento em ambas as situações. Da mesma forma, aplica-se esta estratégia aos comerciantes de peças de vestuário, que podem gerir seus estoques de roupas de frio ou calor com maior eficiência. Estas empresas oferecem serviços de consultoria a clientes atuando em diversos setores econômicos.

Os serviços de **consultoria** se destinam a vários mercados como construção civil, transportes, seguros, moda, indústria farmacêutica, energia, governo, *off shore*, varejo, mídia, levantamento de dados e, claro, agricultura (CLIMATEMPO, 2011). A Climatempo possui um *website* especialmente destinado ao setor agrícola, chamado Agroclima, que oferece vários produtos específicos ao setor mediante o pagamento de uma assinatura.

A SOMAR, fundada há 15 anos por dois meteorologistas, ex-funcionários do CPTEC/INPE, oferece um produto específico para a agricultura, chamado Agrosomar que inclui análises, serviços e boletins de agrometeorologia (SOMAR, 2011). A empresa oferece ainda produtos destinados aos setores de energia, mídia, *off shore*, consumo, transportes e aviação bem como um *website* e programas jornalísticos e televisivos para público específico.

Em nível mundial, duas instituições vem colaborando com pesquisas e trabalhos em agrometeorologia: a *World Meteorological Organization* – WMO, vinculada à ONU, e a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação – FAO.

A WMO possui um Programa de Meteorologia Agrícola a fim de apoiar a produção agrícola e de alimentos e atividades relacionadas. O programa apóia membros da WMO oferecendo serviços meteorológicos destinados às comunidades agrícolas a fim tornar possível o desenvolvimento de sistemas agrícolas sustentáveis e economicamente viáveis reduzindo perdas e aumentando a produtividade bem como o uso eficiente da água, do trabalho e da energia.

A FAO, por sua vez, por intermédio de seu Comitê de Agricultura – COAG, desenvolve ações voltadas para a produção de plantas e mudanças climáticas relacionadas à redução de emissões de gases de efeito estufa e estratégias de adaptação.

Sivakumar (2003) destaca a criação da Sociedade Internacional de Meteorologia Agrícola (INSAM) em 2002, com o objetivo de promover relacionamentos entre agrometeorologistas de todo o mundo e de fomentar a troca de informações agrometeorológicas. Busca estabelecer relacionamentos com as sociedades agrometeorológicas nacionais e seus membros.

O próximo capítulo efetua uma descrição dos processos colaborativos relacionados à geração de inovações, ao papel das redes como um importante lócus da inovação, a abordagem de Redes Tecno-Econômicas desenvolvida por Callon (1991;1992) e aos aspectos conceituais relacionados ao processo de criação de conhecimento descrito por Nonaka et al (2000).

CAPÍTULO 2

Inovação, Redes e Conhecimento

A criação do novo conhecimento envolve tanto ideais quanto idéias.

A essência da inovação é recriar o mundo.

Nonaka e Takeuchi (1997)

A inovação é a função primordial desta nova economia eletrônica embasada em conhecimento, em informação e fatores intangíveis; depende da geração de conhecimento, facilitada pelo acesso à informação, hoje disponibilizada on-line.

Castells (2003)

Introdução

A literatura relativa à pesquisa em Política Científica e Tecnológica revela um conjunto de idéias que tem sido amplamente aceito em relação ao ambiente de Ciência, Tecnologia e Inovação⁹. O modelo linear de inovação, que foi descrito por Vannevar Bush (1945) e dominou o cenário inovativo até poucos anos atrás, deu lugar ao modelo interativo, envolvendo múltiplos *feedbacks* entre diversos setores da firma – um modelo descrito pelo trabalho seminal de Kline e Rosenberg (1986).

Assim, passou a ser dominante a visão de que os relacionamentos entre Ciência, Tecnologia e Inovação se dão a partir de múltiplas interações. Pode-se dizer que o processo inovativo é fruto da interação entre diferentes experiências e de confrontos entre saberes teóricos, *know-how* e percepções de diferentes categorias de interlocutores.

A inovação passa a ser realizada por um arranjo coletivo que envolve processos de adaptação e negociação bem como o estabelecimento de compromissos sócio-técnicos (AKRICH ET AL, 1988). A inovação pode surgir não só a partir da interação entre cientistas ou engenheiros, mas, também em interações destes com o departamento comercial, com os clientes ou com a fábrica. É justamente a interação de distintas competências, percepções e conhecimentos que permite a criação de um produto capaz de gerar interesse.

Assim, pode-se dizer que a inovação é um processo que se constitui na formação de alianças e na mobilização do interesse dos diversos atores. Ultrapassando fronteiras organizacionais, o processo inovativo passa a envolver o desenvolvimento de relacionamentos com parceiros externos levando à formação de arranjos inter-organizacionais. Assim, a figura da rede de empresas ou rede inter-organizacional vem sendo utilizada para remeter aos arranjos colaborativos formados para a gestação de inovações. Esta abordagem enfatiza a dinâmica das relações, seu mapeamento, a descrição de seu conteúdo e a análise do contexto dinâmico no qual ocorrem.

Vários trabalhos descrevem a rede inter-organizacional como um importante *locus* do processo inovativo (POWELL ET AL, 1996; ARUJA, 2000), proporcionando a interação de

9 Estas tendências foram apontadas em Morlacchi et Martin (2009).

atores heterogêneos¹⁰ que recebem *inputs* e *feedbacks* a partir dos relacionamentos firmados. Desta forma, considera-se que a rede inter-organizacional é um arranjo de várias organizações que compartilham ativos, informação, competências e recursos diversos visando à geração de novos produtos e processos, ou seja, de inovações.

Uma abordagem que analisa as redes formadas entre diferentes categorias de atores envolve o conceito de **Rede Tecno-Econômica**. Este conceito foi introduzido na década de 1990, por pesquisadores da área de Sociologia da Inovação, a fim de oferecer um arcabouço conceitual para a análise de programas de pesquisa europeus.

Uma Rede Tecno-Econômica pode ser caracterizada como um conjunto coordenado de atores heterogêneos como laboratórios de pesquisa públicos, centros de pesquisa tecnológica, empresas, organismos financiadores, usuários, agências do governo. Estes atores participam coletivamente da concepção, da elaboração, da produção e da distribuição de processos de produção, de bens e serviços, que podem (ou não) resultar em transações comerciais (CALLON, 1992).

Esta abordagem enfatiza o papel dos produtos gerados (intermediários) na conformação da rede, analisa os relacionamentos entre ciência, tecnologia e mercado (através da definição de pólos) e fornece várias ferramentas para descrição da morfologia da rede. A dinâmica de uma RTE, ou seja, a evolução dos atores e das configurações, estabelecidas a partir da transformação dos intermediários em circulação, coincide com a dinâmica do processo inovativo.

A revolução das Tecnologias de Informação e Comunicação – TICs configura um novo paradigma tecnológico e vem influenciando o processo inovativo em rede. O contexto atual de negócios envolve maior rapidez, mais facilidades de comunicação entre indivíduos distantes entre si. Além disso, oferece novas ferramentas para a automação de tarefas e para o tratamento, gestão e compartilhamento da informação, incentivando o processo de codificação do conhecimento.

Da mesma forma, a revolução das TICs se estabelece como um importante fator no delineamento de uma “economia do aprendizado” (LUNDVALL, 2006) na qual, organizações e indivíduos necessitam desvincular-se de competências antigas e desenvolver novas. A intensa competição leva à seleção de empresas e indivíduos capazes de aprender rapidamente, acelerando a taxa de mudanças tecnológica. Este ambiente incentiva o desenvolvimento de novas formas

10 Como institutos públicos de pesquisa, empresas, clientes e organismos governamentais.

organizacionais e o estabelecimento de relacionamentos a fim de promover a flexibilidade funcional, possibilitar o aprendizado pela ação e pela interação, gerando inovações.

Inovação, aprendizado e criação do conhecimento são processos inter-relacionados; o conhecimento é um importante insumo e também um produto do processo inovativo. O processo de criação de novos conhecimentos é dinâmico e envolve a interação entre o conhecimento tácito (não articulado) e o conhecimento codificado (explícito) em um processo de conversão (NONAKA ET AL, 2000). Este processo de criação de novos conhecimentos se inicia a nível individual e se expande para comunidades de interação, transcendendo divisões seccionais, departamentais, divisionais e mesmo fronteiras organizacionais.

O processo de criação de conhecimento sofre a influência do papel da liderança que provê e comunica uma diretriz, chamada por Nonaka et al (2000) de “visão do conhecimento”, e promove o compartilhamento de conhecimentos, criando um contexto favorável para a criação de novos conhecimentos.

Esta diretriz (visão) deve ser articulada pelo líder e transcender fronteiras entre produtos, divisões, organizações e mercados, gerando comprometimento e definindo que tipo de conhecimento deve ser gerado e em que domínio.

Este capítulo discorre inicialmente sobre o caráter interativo e colaborativo do processo de inovação e ressalta a significância das redes como *locus* da inovação e sua relação com a geração de conhecimentos bem como as estratégias de coordenação que podem ser empreendidas pela rede. A seguir, são desenvolvidos o conceito de Rede Tecno-Econômica e os instrumentos de análise a ele associados.

O item subsequente descreve a relação entre redes, conhecimento e a revolução das Tecnologias de Informação e Comunicação - TICs, abordando as dimensões do conhecimento e a relação entre o uso intensivo de TICs para a criação de novos conhecimentos. Na sequência, é apresentado o modelo dinâmico de criação de conhecimento desenvolvido por Nonaka e Takeushi (1997) e Nonaka et al (2000), envolvendo a descrição do processo, seu contexto e como a liderança pode influenciá-lo.

Considera-se que o arcabouço conceitual relacionado aos processos de conversão do conhecimento (NONAKA ET AL, 2000) vem complementar a análise efetuada por intermédio do conceito de Rede Tecno-Econômica, na medida em que oferece meios para analisar o processo de

geração de seus intermediários (ou produtos econômicos) que podem ser publicações, tecnologias, competências ou sistemas híbridos.

Tendo em vista que Nonaka et al (2000) descrevem um processo de criação de conhecimento marcado pela interação entre os conhecimentos tácitos e codificados, torna-se possível estudar como os diferentes tipos de intermediários são gerados no seio de uma Rede Tecno-Econômica.

2.1 Processo inovativo, Redes e Coordenação

Akrich et al (1988) consideram que o processo inovativo ocorre aos turbilhões, em meio a múltiplas negociações entre os atores envolvidos, não só referente a questões técnicas mas também sociais e políticas. É um processo que envolve incertezas, flutuações e alta complexidade. É permeado por uma multiplicidade de decisões heterogêneas, muitas vezes confusas, envolvendo vários interlocutores e muitas vezes um certo antagonismo e opiniões distintas. Para responder a toda esta instabilidade e multiplicidade é preciso aprimorar algumas habilidades de interação, descompartimentação, de circulação de informação, de adaptação e de flexibilidade. Só assim um arranjo colaborativo pode ter sucesso na geração de inovações.

A figura da rede de empresas ou rede inter-institucional vem sendo utilizada para remeter aos arranjos colaborativos formados para a gestação de inovações, tendo em vista indicar claramente um tipo de abordagem que enfatiza a dinâmica das relações, seu mapeamento, a descrição de seu conteúdo e a análise do contexto dinâmico no qual ocorrem (GITAHY, 2005).

Na década de 1990, vários estudos abordaram a temática das redes de inovadores (POWELL, 1990; DEBRESSON ET AMESSE, 1991; FREEMAN, 1991; POWELL ET AL, 1996). A figura das redes inter-organizacionais vem, ao longo dos anos, se configurando um importante *locus* de inovações.

Segundo Powell et al (1996): “uma rede serve como *locus* para a inovação porque provê acesso oportuno ao conhecimento e a recursos que não estariam disponíveis de outra forma” (p.119). Os autores apontam algumas motivações das organizações em formar acordos cooperativos: ganhar acesso mais rápido aos mercados ou a novas tecnologias; obter benefícios de economias de escala decorrentes de pesquisa ou produção conjunta; alcançar fontes de *know-*

how ou competências localizadas fora das fronteiras da firma; e compartilhar os riscos de atividades que estão acima do escopo ou capacidade de uma única organização.

Aruja (2000) indica que os benefícios das relações em rede envolvem o compartilhamento de recursos, possibilitando que as organizações combinem seu conhecimento, competências e ativos físicos. Além disso, possibilitam o acesso a *spillovers*¹¹, servindo de condutores de informação relativa a novas descobertas ou *insights* para a solução de problemas.

As redes de inovação podem ter vários formatos: desde *joint ventures*, redes entre fornecedores e usuários, parcerias em Pesquisa e Desenvolvimento – P&D, redes de pioneiros e imitadores em uma indústria, redes regionais, alianças estratégicas internacionais em novas tecnologias até complexos arranjos relacionados a ações de marketing (DEBRESSON ET AMESSE, 1991; POWELL ET AL, 1996).

A forma do acordo acaba sendo customizada individualmente em função das necessidades das respectivas partes e de considerações relativas a impostos e regulação bem como em função dos tipos de competências e de recursos a serem compartilhados.

O que se busca é a promoção de novas estratégias de inovação por intermédio de colaboração, sem abdicar da identidade e da personalidade de cada parceiro. As relações em rede envolvem reciprocidade, reputação e confiança, bem como complementaridade de ativos e objetivos comuns. Em geral, envolve um conjunto de formas de governança multilaterais, mais brandas. A coordenação da rede pode envolver um tipo de hierarquia ou então refletir uma autoridade distribuída.

A rede de inovadores é flexível, composta por inter-relacionamentos recombinaíveis, obtendo vantagens distintas da firma individual (DEBRESSON ET AMESSE, 1991).

Alguns fatores incentivam a colaboração: repetidas interações entre os parceiros, a possibilidade de estabelecer parcerias futuras e a reputação que se torna um indicativo de confiabilidade do parceiro. Nestes casos, há pouca necessidade de supervisão hierárquica, pois o desejo de continuar a parceria desencoraja o oportunismo; a rede passa a ser monitorada pelos próprios parceiros (POWELL, 1990).

11 *Spillovers* podem ser caracterizados como transbordamentos de informação e conhecimento que ocorrem intra ou inter-organizações. Podem estimular o desenvolvimento tecnológico entre organizações vizinhas.

Em relação ao estabelecimento de relações contratuais nos arranjos em rede, a Economia dos Custos de Transação (WILLIAMSON, 1985) auxilia na análise entre estruturas de governança alternativas permitindo selecionar os diferentes graus de formalização de relações inter-organizacionais.

Os custos de transação podem ser comparados aos custos de “fricção” da Física e envolvem o grau de harmonia entre as partes que transacionam, relacionando-se a possíveis mal entendidos ou conflitos que podem gerar demora ou dificuldades de operação. São custos de administração do sistema econômico conforme Arrow *apud* Williamson (1985). A transação, neste caso, envolveria a transferência de um bem ou serviço através de uma interface tecnológica.

A Economia dos Custos de Transação efetua uma análise dos processos decisórios e das estruturas de governança estabelecidas, de forma a considerar os custos de planejamento, adaptação e monitoramento das transações bem como a seleção das estruturas contratuais mais adequadas a cada tipo de transação. Dentre os custos de transação podemos destacar: custos de coleta de informações relacionadas a preço, custos relativos a atividades de negociação e elaboração de contratos, mensuração e fiscalização de direitos de propriedade, monitoramento de desempenho, organização de atividades e de reação a mudanças de mercado.

Esta teoria considera que os atores podem se inclinar ao oportunismo, entendido como busca do interesse pessoal com dolo, envolvendo inclusive mentiras e falsidades, se isso for de seu interesse. A assimetria de informação favorece a ocorrência do oportunismo e é considerada como um dos principais fatores da ocorrência de custos de transação. Assim, as transações, sujeitas ao oportunismo, levam ao desenvolvimento de cláusulas contratuais *ex-ante*, visando evitá-lo. A incerteza e o risco são também elementos que contribuem para a elevação dos custos de transação, que levam ao estabelecimento de instrumentos contratuais a fim de minimizá-los.

No próximo item são apresentados os conceitos utilizados para analisar o processo de inovação em rede, envolvendo o conceito de Rede Tecno-Econômica, desenvolvido no âmbito da Sociologia da Inovação na década de 1990. São apresentados também vários instrumentos e ferramentas de análise a ele associados.

2.2 Rede Tecno-Econômica e instrumentos de análise associados

O conceito de **Rede Tecno-Econômica - RTE** foi desenvolvido no âmbito da Sociologia da Inovação ou da Teoria-Ator-Rede, um novo ramo da teoria social relacionada aos Estudos Sociais da Ciência e Tecnologia (LATOUR, 2005).

Criada em fins da década de 1980, por autores como Bruno Latour, Michell Callon e John Law e também chamada de Sociologia das Traduções, caracteriza-se por compatibilizar indivíduos e artefatos (não-humanos) e desenvolver análises que consideram seu papel ativo no desenvolvimento tecnológico. Seu objetivo envolve avaliar quais são as instituições, procedimentos e conceitos aptos a reconectar o social, traçando as relações estabelecidas entre os atores envolvidos.

O conceito de Rede Tecno-Econômica, por sua vez, foi desenvolvido na década de 1990 como um elemento auxiliar na avaliação e estudo de programas tecnológicos europeus (CALLON ET AL, 1992; CALLON ET AL, 1995). Esta teoria tem enfoque descritivo e permite compreender o processo inovativo em rede por intermédio das interações e dos relacionamentos estabelecidos entre os atores, introduzindo um modelo de representação da complexa realidade relacionada à geração de artefatos tecnológicos e inovações.

Recorrer ao conceito de rede evita que a análise da inovação tecnológica seja ameaçada pela simplificação. Esta abordagem considera que a idéia ou o projeto inovativo pode nascer em qualquer ponto da rede e que a concretização da inovação passa por toda uma série de interações que modificam o arranjo da rede, gerando novas competências e novas conexões. Ao mesmo tempo em que a inovação toma forma, a rede se deforma e depois se estabiliza aos poucos.

A dinâmica de uma Rede Tecno-Econômica – ou seja, a evolução dos atores envolvidos e das configurações conseqüentes da transformação dos produtos colocados em circulação – coincide com a dinâmica do processo inovativo (CALLON ET AL, 1995).

Uma Rede Tecno-Econômica – RTE pode ser caracterizada por um conjunto coordenado de atores heterogêneos – a saber, laboratórios públicos, centros de pesquisa tecnológica, firmas, organizações financiadoras, usuários, representantes do Governo bem como objetos e artefatos – que participam coletivamente do desenvolvimento e da difusão de inovações e também, por

numerosas interações, organizam as relações entre as atividades de pesquisa, desenvolvimento e mercado (CALLON, 1991; CALLON, 1992; CALLON ET AL, 1992).

O conceito de RTE se refere às relações estabelecidas entre seus atores que colaboram entre si para a geração de novas tecnologias (CALLON, 1992). A solidez deste arranjo em rede¹² é definida pelas relações heterogêneas estabelecidas envolvendo: compartilhamento de competências, de informações, de recursos financeiros; estabelecimento de regras de conduta e zonas de influência.

O termo “rede” remete ao conjunto das alianças envolvidas e a uma forma de coordenação flexível e adaptativa dos atores heterogêneos. O qualificativo “tecno-econômico”, por sua vez, aponta para a geração de produtos econômicos. Estes são chamados de intermediários e oferecem um conteúdo material às ligações que unem os atores.

Os **intermediários** podem ser documentos escritos (publicações, patentes), competências incorporadas (aos pesquisadores e engenheiros que se movem entre as instituições), objetos técnicos mais ou menos elaborados (como protótipos, máquinas e produtos destinados ao consumidor final) bem como dinheiro (por intermédio de contratos de cooperação entre um centro de pesquisa e uma empresa, empréstimos financeiros ou compras de produtos), além de outros pedidos e trocas informais, reveladores de duas modalidades de coordenação destacadas pelos economistas: a hierarquia e as relações de confiança.

A geração de um sistema de informação, caso selecionado para análise nesta pesquisa, poderia ser considerado um **intermediário híbrido**, considerando a forte interface entre o sistema informatizado e as competências dos programadores (CALLON, 1991).

Ou seja, o desenvolvimento de uma tecnologia é influenciado pelos atores sociais que a desenvolveram. E a análise de um intermediário gerado por uma RTE permite a sua interpretação, considerando as várias decisões tecnológicas, econômicas e sociais tomadas durante as fases de planejamento e execução do projeto.

Uma RTE pode ter diversas configurações; sua geometria varia em função da identidade dos atores que a formam, envolvendo três grandes pólos ou sub-redes chamados: científico, tecnológico e mercado.

12 Callon (1992) conceitua “solidez” como um caráter de irreversibilidade da rede, evidenciado pela durabilidade de ações em rede.

O pólo **científico** caracteriza-se pela produção de conhecimento científico certificado, na forma de artigos em periódicos, mas também de outras formas de conhecimento envolvendo documentos de trabalho (confidenciais), artefatos técnicos e competências incorporadas a pesquisadores que se movimentam entre os três pólos.

O pólo **tecnológico** é caracterizado pela concepção e desenvolvimento de objetos técnicos com características próprias de durabilidade e confiabilidade e condições de executar serviços específicos. Possui papel crucial na geração de inovações envolvendo a geração de várias categorias de objetos técnicos: patentes, pilotos, protótipos, ambientes de teste, normas, regras e métodos.

O pólo **mercado**, por sua vez, corresponde ao universo de usuários, o estado da demanda. Envolve o conhecimento das necessidades dos usuários, suas preferências ou critérios de compra bem como suas formas organizacionais. Os usuários colocam dinheiro em circulação, seja próprio ou incentivando o pagamento de terceiros. Por suas transações, fornecem informações relacionadas ao valor do uso do produto e emitem informações relativas aos seus desejos e necessidades. Estas informações são transmitidas por redes de distribuição e comercialização e também por associações de usuários/ consumidores. O mercado, nesta visão, passa a ser uma complexa estrutura que produz informações - mais ou menos explícitas – sobre a identidade dos usuários e suas expectativas.

O Quadro 2.1 elenca as principais categorias de intermediários.

Categorias de Intermediários	Características	Exemplos
Textos ou inscrições literárias	Se refere principalmente ao texto científico; constituem bem imaterial tendo em vista que sua inscrição e circulação envolvem suportes que asseguram certa imutabilidade.	Relatórios, livros, artigos, patentes, notas
Artefatos técnicos	Agrupamento de não-humanos organizados e estáveis que tem por objetivos realizar tarefas e atividades dos humanos.	Instrumentos científicos, máquinas, robôs, produtos tecnológicos.
Humanos e suas competências	Competências incorporadas pelos humanos	Saberes, <i>know-how</i>
Moeda sob suas diferentes formas	Recursos financeiros	Dinheiro, depósitos, investimentos
Híbrido Formas Híbridas	Sistema Informatizado de inteligência distribuída	Sistema informatizado (por exemplo, software web)

Quadro 2.1: Categorias de intermediários de uma RTE. Fonte: Callon, 1991.

Os **intermediários**, produtos econômicos gerados por uma Rede Tecno-Econômica, podem ser relacionados aos **ativos de conhecimento** descritos por Nonaka et al (2000), que são apresentados ao fim deste capítulo. Os ativos de conhecimento se referem a entradas, saídas e fatores moderadores do processo de criação do conhecimento em organizações ou redes de organizações. Esta abordagem complementa a análise dos intermediários que, como os ativos de conhecimento, estão em constante evolução, modificando-se em função da evolução da Rede Tecno-Econômica considerada e do processo inovativo em curso no seio da rede.

A Figura 2.1 representa os pólos de uma RTE.

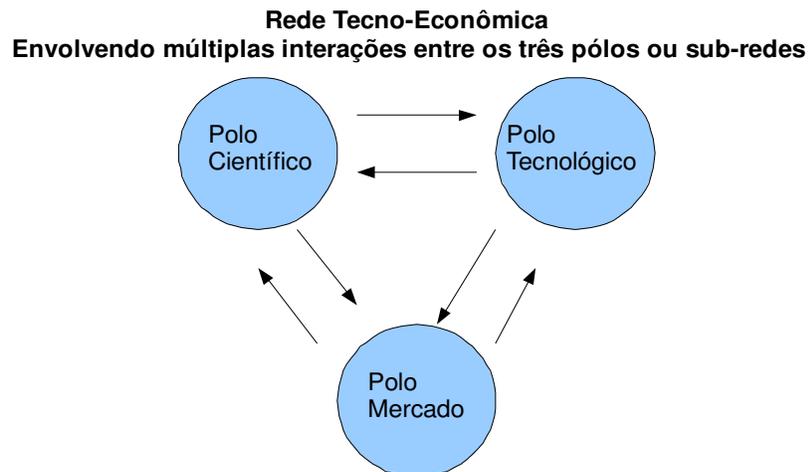


Figura 2.1: Pólos de uma Rede Tecno-Econômica (Adaptado de Callon, 1992).

É possível caracterizar algumas grandes categorias de atores envolvidos nos pólos: os cientistas e pesquisadores no pólo científico; os engenheiros e tecnólogos formando o pólo técnico, os usuários representando o pólo mercado e as empresas pela intermediação técnica-mercado.

Ocorre que, em realidade, esta repartição não é assim tão definida – uma divisão como esta reduziria a possibilidade de interações e inovações. Existem cientistas atuando nas empresas, tecnólogos atuando em laboratórios de pesquisa, usuários que se confundem com engenheiros ou com as firmas e a atividade de produção se mescla com algumas atividades do laboratório. A

noção de Rede Tecno-Econômica atua no sentido de ressaltar estas imbricações (CALLON ET AL, 1995).

As Redes Tecno-Econômicas são caracterizadas pelo enorme grau de autonomia estratégica dos vários atores que a compõem. Outra característica que possuem são os mecanismos de integração e coordenação que habilitam cada ator a se beneficiar do trabalho colaborativo com os outros parceiros (CALLON ET AL, 1992).

Callon (1992) aponta duas questões críticas em relação às RTEs:

21.

omo todos estes atores e intermediários, com características e interesses tão distintos entre si, chegam a uma forma coordenada de ação?

22.

or que algumas destas ações coordenadas têm considerável durabilidade?

Para explicar os mecanismos de integração e coordenação, o autor define o conceito de **tradução** que se refere aos diferentes “entendimentos” que os atores possuem em relação a si mesmos e aos outros atores com os quais se relacionam.

A operação de tradução é efetuada por uma entidade A sobre outra entidade B que imputa a esta outra uma série de interesses, projetos e características. É a maneira que A percebe ou “traduz” B. Quando a percepção de A sobre B é semelhante à percepção de B sobre ele mesmo, podemos dizer que as traduções concordam entre si e promovem o alinhamento da rede, facilitando a comunicação e a circulação de informação entre atores (CALLON,1992).

Alguns indicadores são definidos para analisar a morfologia de uma RTE com o objetivo de entender os diferentes tipos de configuração que a rede pode assumir e acompanhar sua evolução.

Dois conceitos são essenciais para a análise de uma RTE: **completude** e **encadeamento**.

Uma RTE é considerada incompleta quando várias categorias de atores – representando seus diferentes pólos ou sub-redes – não estão presentes. Por exemplo, o pólo tecnológico pode ser pouco desenvolvido enquanto os pólos científico e mercado são fortes. Já quando todos os atores e pólos estão posicionados e fortemente estruturados, a RTE é considerada encadeada.

Estas duas análises são efetuadas a partir de informações sobre os atores participantes, suas atividades, forças e fraquezas. Estas informações podem ser levantadas a partir de análise de especialistas, por bases de dados ou por entrevistas (CALLON ET AL, 1992).

Outro indicador importante é o grau de **integração** da rede que se refere ao seu grau de dispersão ou de convergência. A **convergência** se refere ao grau de acordo engendrado por uma série de traduções e por vários tipos de intermediários que as operam, permitindo identificar as fronteiras de uma RTE (CALLON, 1991). Callon et al (1992) indicam que, em uma rede fortemente convergente, qualquer ator, independente de sua posição (pesquisador, engenheiro, vendedor, usuário) pode mobilizar em qualquer tempo as competências existentes na rede sem envolver grandes adaptações ou decodificações. Esta forte convergência se evidencia por numerosas interações que se materializam na circulação de intermediários, ou seja, de conhecimento. Na rede dispersa, as mensagens se perdem no caminho, existe uma dificuldade em comunicar e entender.

Duas dimensões definem a convergência de uma RTE: o **alinhamento** e a **coordenação**.

O alinhamento envolve o grau de acordo ou desacordo no processo de tradução. O grau de alinhamento da rede pode ser afetado por sua complexidade e pelas convenções implícitas ou explícitas que regulam a ação da rede – ou seja, por seu grau de coordenação.

A coordenação é o conjunto de regras e convenções que regulam, delimitam e codificam as traduções (HASEGAWA, 2001). Os objetos técnicos gerados pela rede podem ser utilizados para analisar a morfologia da rede assim como o mapeamento das formas de coordenação utilizadas pela rede como estruturas organizacionais unificadas e a utilização de convenções ou contratos (CALLON ET AL, 1995)¹³.

Callon (1991) indica que em uma rede heterogênea, várias modalidades de coordenação podem se justapor como: mercado, organização, confiança, reconhecimento. Cada uma delas envolve um conjunto específico de convenções que definem regimes de tradução assim como categorias específicas de intermediários que suportam estas traduções.

13 A Economia dos Custos de Transação (WILLIAMSON, 1985) fornece indicadores interessantes e complementares em relação á escolha das estruturas organizacionais e formas de governança, indicando se a celebração de contratos entre os membros da rede é necessária ou se as atividades da rede podem ser desenvolvidas simplesmente pelo cumprimento de convenções e regras de trabalho desenvolvidas entre as instituições.

Callon et al (1995) ressaltam que uma rede não pode ser resumida às suas formas de coordenação: não é um mercado (coordenada pelo preço), não é uma organização (coordenada pela hierarquia), não é um clube (coordenada pela confiança), não é um sistema sócio-técnico (coordenada pelos dispositivos técnicos), não é uma comunidade de especialistas (coordenada pelos saberes) e nem é um autômato constituído de temas disciplinares (coordenada pelas competências incorporadas). Segundo os autores, a rede tecno-econômica é sim, um híbrido, um arranjo destas diferentes formas de coordenação.

Outro indicador da morfologia de uma RTE é seu **comprimento**, referindo-se à inclusão ou não de atividades encadeadas desde a pesquisa básica até os usuários finais. Vale ressaltar que redes longas são exceções à regra. A **dominância** de uma rede, por sua vez, envolve a natureza das interações que se desenvolvem entre os diferentes atores da rede e que se inscrevem em uma grande variedade de intermediários. As redes podem ser polarizadas ou sem dominância.

O processo de **irreversibilização** envolve as traduções e a possibilidade destas voltarem a uma opção aberta entre outras bem como à pré-determinação de traduções futuras. Callon (1991) considera que esta característica é relacional e envolve uma luta estabelecida pelo desenvolvimento de traduções concorrentes em função da atuação dos atores envolvidos. Uma tradução, que possui durabilidade e robustez, deve resistir a assaltos de traduções concorrentes. Os intermediários – operadores das traduções, regulam este processo.

Uma tradução será mais irreversível quando as outras mais prováveis a substituí-las virão no sentido de completá-la ou prolongá-la. Este processo pode ser compreendido utilizando-se da noção de aprendizagem, pois a partir de progressiva adaptação mútua e redefinições os diferentes elementos envolvidos em uma tradução (atores e intermediários) se tornam exclusivamente dependente uns dos outros gerando um processo de normalização dos comportamentos.

O quadro 2.2 resume os instrumentos de análise da morfologia e dinâmica de RTEs.

A **irreversibilização**, concebida como uma pré-determinação das traduções e como a impossibilidade de voltar a traduções concorrentes, é um sinônimo de normalização. Uma rede que se irreversibiliza é repleta de normas de todos os tipos, podendo deslizar para uma metrologia ou um sistema de informações codificado. Com a irreversibilização da tradução e a normalização, torna-se custoso mobilizar novas traduções.

Instrumentos para analisar a dinâmica de redes tecno-econômicas		
Completude		Avalia a presença de atores compondo os pólos de uma RTE
Encadeamento		Avalia o posicionamento e estruturação dos atores nos pólos de uma RTE
Integração	Avalia o grau de Convergência da RTE. Envolve alinhamento e coordenação. A convergência permite que qualquer ator, independente de sua posição possa mobilizar em qualquer tempo as competências existentes na rede sem envolver grandes adaptações ou decodificações.	Alinhamento: envolve o grau de acordo/ desacordo no processo de tradução
		Coordenação: conjunto de regras e convenções que regulam, delimitam e codificam as traduções
Comprimento	Se refere à inclusão ou não de atividades encadeadas desde a pesquisa básica até os usuários finais.	
Dominância	Envolve a natureza das interações que se desenvolvem entre os diferentes atores da rede e que se inscrevem em uma grande variedade de intermediários. As redes podem ser polarizadas ou sem dominância.	
Processo de irreversibilização	Envolve a robustez das traduções envolvidas em uma RTE, de forma a reagir a traduções concorrentes. Uma tradução será mais irreversível quando as traduções mais prováveis a substituí-las virão no sentido de completá-la ou prolongá-la.	

Quadro 2.2: Indicadores utilizados para avaliar a morfologia de uma rede tecno-econômica.

Fonte: Callon (1991), Callon et al (1995), Hasegawa (2001)

Os processos de tradução e de circulação de intermediários no âmbito de uma RTE envolvem mecanismos de criação e circulação de informação e conhecimentos - tácitos e codificados - visando à geração de inovações.

A fim de compreender melhor esta dinâmica, o próximo item descreve os diversos tipos de conhecimento e analisa o impacto das Tecnologias de Informação e Comunicação sobre o processo de criação, circulação e transformação do conhecimento.

2.3 Redes, Conhecimento e Tecnologias de Informação e Comunicação

As décadas de 1980 e 1990 foram marcadas por uma intensa revolução tecnológica calcada na indústria de computadores, na microeletrônica, no desenvolvimento de software, no surgimento da Internet e nos telefones móveis – chamadas Tecnologias de Informação e Comunicação – TICs.

Este período de revolução tecnológica é descrito por variadas denominações e várias vertentes de análise como: economia baseada no conhecimento (OECD, 1996); nova economia (ATKINSON, 2004); sociedade em rede (CASTELS, 1999); economia do aprendizado (LUNVALL,2007).

Freeman e Louçã (2001) destacam que as inovações observadas na indústria microeletrônica neste período reduziram significativamente o custo de armazenamento, processamento e transmissão de informação. Atkinson (2004) faz menção ao declínio de custos dos equipamentos de *hardware*, acompanhados da elevação na capacidade de processamento.

Teece (2000) aponta que nesta nova era fica claro que a vantagem competitiva das firmas reside na habilidade de criar, transformar, utilizar e proteger ativos de conhecimento, especialmente aqueles de difícil imitação. A geração e circulação de conhecimento entre organizações por intermédio de parcerias e de redes formais e informais é um processo crucial para a geração de inovações (OECD,1996).

Castells (2003) descreve três processos independentes ocorrendo no século XX, inaugurando uma nova estrutura social predominantemente baseada em redes: as exigências da economia por flexibilidade administrativa e por globalização do capital, da produção e do comércio; as demandas da sociedade por liberdade individual e comunicação aberta e os avanços extraordinários em computação e telecomunicações proporcionadas pela revolução da microeletrônica. Estas três condições possibilitaram que a Internet – originalmente aplicada apenas aos ambientes acadêmicos, dos *hackers* e da contracultura – pudesse ser a alavanca para uma sociedade em rede e para uma nova economia.

Lévy (2000) descreve este processo como um movimento tecno-social irreversível e de longa duração. O epicentro deste movimento é o aperfeiçoamento e crescimento do que chama de **ciberespaço**, envolvendo o conjunto dos servidores e computadores conectados entre si, a um aumento da diversidade qualitativa e da quantidade dos indivíduos envolvido bem como das informações acessadas neste ambiente virtual. O autor considera que o ciberespaço é o sistema que teve o mais rápido desenvolvimento mais rápido no âmbito da história das técnicas de comunicação. O ciberespaço envolve um tipo de poder oriundo da capacidade de aprender e de trabalhar cooperativamente, caracterizado pela confiança e reconhecimentos recíprocos em um contexto social.

Em relação à estrutura das comunicações, Lévy (2000) indica que a imprensa, o rádio e a televisão funcionam segundo um esquema estrela. Um centro emissor envia mensagem na direção de receptores passivos e isolados uns dos outros, pelo princípio “**um para todos**”. Cada um destes dispositivos de mídia cria comunidades com um grande número de indivíduos que recebem as mesmas mensagens e partilham do mesmo contexto. No entanto, não há reciprocidade nem interação – por intermédio do dispositivo – e o contexto é imposto pelo centro emissor.

O correio e o telefone, por sua vez, compõem um esquema “**um para um**” no qual mensagens são endereçadas com precisão a cada indivíduo e trocadas com reciprocidade entre eles.

A Internet - o ciberespaço – permite a combinação dos dois sistemas anteriores, envolvendo reciprocidade na comunicação e a partilha de um contexto comum, criado pelas interações entre os participantes: um esquema “**todos para todos**”.

Castells (2003) também ressalta que a Internet envolve um modelo de comunicação de muitos com muitos, que ocorre em um dado momento escolhido (seja síncrono ou assíncrono¹⁴), em escala global, com conteúdo de qualidade em grande parte dos casos (existe também conteúdo não-solicitado, como propagandas e spams).

Segundo o autor, a Internet faz com que seja criada uma economia interconectada e um modelo de negócios envolvendo a **empresa em rede**, uma forma organizacional construída em torno de projetos que resultam da cooperação de diferentes atores, integrantes de diferentes firmas, que se juntam durante a execução de determinados projetos, e se reconfiguram constantemente.

Neste novo contexto, a unidade operacional considerada passa a ser o projeto possibilitado por uma rede de organizações e não mais empresas individuais ou arranjos formais de empresas (CASTELLS, 1999). As informações são processadas entre as empresas e circulam pelas redes sejam redes entre organizações, redes intra-organizações, redes pessoais ou redes de computadores.

14 A comunicação síncrona é aquela sincronizada, efetuada por mensagens instantânea seja através de chats, redes sociais ou provedores de *e-mail*. A comunicação assíncrona é aquela realizada por e-mail, quando o indivíduo envia e responde mensagens em um momento selecionado, quando lhe for conveniente, sem a necessidade de simultaneidade.

Castells (2003) destaca que a coordenação entre as funções e os recursos disponíveis para concretização dos projetos propostos nem sempre é fácil, tendo em vista que o modelo de negócios da “empresa em rede” envolve estruturas complexas e relacionamentos entre instituições diferentes. Neste caso, a infra-estrutura física de redes de computadores permite que redes de organizações possuam flexibilidade e adaptabilidade, de forma a administrar a complexidade.

O processo de construção do ciberespaço foi gradual, proporcionado pela evolução das ferramentas de comunicação, dos faxes e redes telefônicas, às redes com intercâmbio eletrônico de dados (EDI, na sigla em inglês), até as redes de comunicação com alta velocidade e capacidade formadas por computadores.

Afigura-se uma nova economia organizada em torno de redes de computadores e redes de organizações, sustentada por profissionais que aprender continuamente novas competências a fim de atuar neste novo contexto, marcado pelo uso intensivo de tecnologias de informação.

O processo de inovação também se transforma nesta nova economia eletrônica, influenciado pelas novas possibilidades oferecidas pela Internet, como o aumento da velocidade de difusão de novos produtos e a promoção de formas colaborativas de trabalho suportadas por computador.

Segundo Castells (2003), a inovação depende da geração de conhecimento que é facilitada pelo amplo acesso à informação, hoje disponibilizada *on-line*. Neste ambiente, os profissionais necessitam ser capazes de navegar em um oceano de informações, organizando-o, focalizando-o e transformando-o de informação a conhecimento específico que possa ser aplicado na realização de uma tarefa ou na construção de produtos e serviços. A capacidade de selecionar as informações disponíveis e utilizá-las de forma inteligente a fim de criar novos conhecimentos é uma habilidade muito valorizada nos profissionais da economia do conhecimento.

Vários autores destacam que o gerenciamento do processo de criação e transformação de conhecimento ainda envolve desafios, tendo em vista de que ainda não se possui amplo entendimento de como as organizações e seus profissionais criam e gerenciam dinamicamente o conhecimento (NONAKA ET AL, 2000); TEECE, 2000).

O próximo item descreve o conhecimento, suas dimensões e algumas taxonomias possíveis.

2.3.1 Conhecimento e suas dimensões

Grande parte dos intermediários gerados e circulando em uma Rede Tecno-Econômica se caracterizam como informações ou conhecimentos. Conforme descrito no Quadro 2.1, exemplos de intermediários podem ser textos ou documentos escritos, artefatos técnicos e competências humanas (envolvendo especialmente *know-how*). Assim, para compreender o processo de criação e difusão de conhecimento no âmbito de redes – na forma de intermediários ou produtos econômicos - torna-se relevante analisar as diferentes dimensões do conhecimento.

O conhecimento é dinâmico, criado a partir de interações entre indivíduos e organizações (NONAKA, ET AL, 2000). É específico ao contexto e depende de uma relação particular de tempo e espaço; está essencialmente vinculado à ação humana.

Lundvall (2006) faz referência à taxonomia clássica que distingue dados, informação, conhecimento e sabedoria. Neste caso, **dados** são fatos sem organização interna. Quando são estruturados e inseridos em um contexto envolvendo significado se tornam **informação**. Quando a mente humana ativa esta informação, esta adquire o status de **conhecimento**. Mas, para levar à **sabedoria**, torna-se necessário um entendimento mais profundo e embasamento ético.

No contexto das teorias relacionadas à Tecnologia de Informação, a distinção entre dados, informação e conhecimento está relacionada ao grau de estruturação e organização envolvido. Segundo Turban et al (2005), **dados** se referem a uma descrição elementar de coisas, eventos, atividades ou transações que são registradas, classificadas e armazenadas, mas não são organizadas para carregar qualquer significado específico. Dados podem ser numéricos, alfanuméricos, valores, sons ou imagens. **Informação**, por sua vez, se refere a itens de dados organizados de forma a possuir significado e valor para o usuário/ receptor que pode interpretar o significado e chega a conclusões a partir da leitura da informação. Já o **conhecimento** se refere a dados e/ou informações que foram organizados e processados a fim de carregar informação, experiências e aprendizado acumulados tornando-o aplicável à resolução de um problema prático.

Nonaka e Takeuchi (1997) fazem uma distinção entre o conhecimento e a informação, apontando que o **conhecimento** diz respeito a crenças e compromissos; é função de uma atitude, perspectiva ou intenção específica.

A **informação**, por sua vez, proporciona um novo ponto de vista para a interpretação de eventos ou objetos; é um meio ou material necessário para extrair e construir o conhecimento. Afeta o conhecimento acrescentando-lhe algo ou reestruturando-o. Pode ser informação sintática, relacionando-se ao volume de informações, ou informação semântica, envolvendo significado, que é mais importante para a criação do conhecimento.

A fim de melhor compreender o processo de criação de conhecimento, torna-se essencial entender também a distinção entre **conhecimento tácito** e **conhecimento codificado** ou explícito.

O conhecimento tácito é altamente pessoal e difícil de formalizar; está enraizado nas ações e experiências de um indivíduo como suas emoções, seus valores ou ideais (NONAKA E TAKEUCHI, 1997). Seu compartilhamento é mais difícil. Pode ser decomposto em uma **dimensão técnica**, envolvendo capacidade informal, habilidades, e *know how*, e uma **dimensão cognitiva** relacionada a modelos mentais, crenças e percepções, refletindo a nossa imagem da realidade e nossa visão de futuro. A natureza subjetiva e intuitiva do conhecimento tácito dificulta o processamento ou transmissão deste tipo de conhecimento.

O conhecimento codificado pode ser transferido inteiramente, com pouca perda no ato da transferência (ERNST E LUNDVALL, 1997). É estruturado e codificado, facilitando seu compartilhamento. Pode ser expresso em linguagem formal e sistemática e compartilhado na forma de dados, fórmulas científicas, especificações e manuais (NONAKA ET AL, 2000). Pode facilmente processado em um computador, transmitido eletronicamente ou armazenado em um banco de dados (NONAKA E TAKEUCHI, 1997).

A fim de entender a natureza do processo de criação de conhecimento, é necessário reconhecer a complementariedade destas duas dimensões do conhecimento – tácita e explícita - tendo em vista que o conhecimento é criado por intermédio de interações destas duas dimensões, essenciais ao processo.

A taxonomia proposta por Lundvall e Johnson (1994) – descrita por OECD (1996); Lundvall (2006); Lundvall e Nielsen (2007) – parece bastante indicada para descrever as várias categorias de conhecimento associadas ao processo inovativo.

- **Know-what** envolve o conhecimento relacionado a fatos, aproximando-se do que outros autores definem como informação, podendo ser dividido em *bits*;
- **Know-why** se refere ao conhecimento sobre leis da natureza, sobre comportamento humano ou social. Pode se tornar essencialmente importante ao desenvolvimento tecnológico;
- **Know-how** se refere a competências, ou seja, à capacidade de realizar algo. Pode se relacionar a competências de várias ordens: habilidades profissionais de funcionários da produção, de administradores e competências de pesquisadores e cientistas. Originalmente o *know-how* era desenvolvido e mantido nas fronteiras de uma firma individual ou de um grupo de pesquisa fechado. Porém o aumento da complexidade da base de conhecimento envolvendo o desenvolvimento científico e tecnológico tem intensificado a cooperação entre organizações. A formação de redes entre organizações leva ao compartilhamento e combinação de elementos de *know-how*.
- **Know-who** vem se tornando cada vez mais importante, referindo-se à informação sobre quem sabe o quê e quem sabe fazer o quê. Envolve a capacidade social de estabelecer relacionamentos com grupos especializados visando compartilhar e aprender a partir de suas experiências (ERNST E LUNDVALL, 1997). O novo contexto inovativo envolve a junção de várias disciplinas científicas diferentes, a combinação de várias tecnologias e a aceleração da taxa de mudança, tornando essencial o acesso a muitas fontes de conhecimento. Desta forma, a capacidade de identificar e selecionar diferentes especialistas e organizações em função de complementaridades de ativos e competências e com eles estabelecer relacionamentos e ações colaborativas torna-se extremamente valorizada.

Diferentes canais podem ser utilizados para o aprendizado de novas competências e/ou a absorção de diferentes categorias de conhecimento (ERNST E LUNDVALL, 1997).

O *Know-what* e o *know-why* podem ser obtidos por intermédio de conhecimentos codificados como a leitura de livros, acesso a bases de dados ou por intermédio de palestras e aulas expositivas. **São categorias de conhecimento que podem ser codificados mais facilmente** e transferidos como informação. Podem ser comercializados se houver instrumentos institucionais apropriados como a edição de livros, manuais e proteção patentária. Em geral a análise econômica dos processos de aprendizado envolve a transferência de *know-what* e *know-why*, negligenciando os processos envolvendo *know-how* e *know-who*.

O *Know-how* e o *know-who* envolvem primordialmente o intercâmbio de experiências práticas e de interações sociais. O aprendizado de *know-how* envolve geralmente relações mentor-aprendiz, nas quais o aprendiz se baseia na relação de confiança estabelecida com seu mentor. **É basicamente conhecimento tácito, cuja transmissão não é fácil.** É um tipo de conhecimento absorvido após anos de experiência e prática, por intermédio do aprendizado pela ação (*learning by doing*) e pela interação (*learning by interacting*) com outros especialistas atuando no campo. O *know-who* é aprendido nas práticas sociais e também em ambientes de educação especializada. Comunidades de profissionais, relacionamentos diários com clientes, com empresas subcontratadas ou com institutos de pesquisa: são todas oportunidades de interação social e construção de relacionamentos. O *know-who* é um conhecimento socialmente imbuído que não pode ser transferido facilmente pelos canais formais de informação; é algo que não pode ser vendido no mercado sem comprometimento de suas funções intrínsecas.

2.3.2 Contribuição das Tecnologias de Informação e Comunicação para a criação de novos conhecimentos

Não há dúvida de que as Tecnologias de Informação e Comunicação - TICs transformaram fundamentalmente o papel do conhecimento na economia (LUNDVALL E NIELSEN, 2007). O amplo uso de TICs em vários setores da economia aumenta tanto os incentivos quanto as possibilidades de codificação do conhecimento, aumentando o estoque de conhecimento disponível, tanto conhecimento explícito quanto ou conhecimento tácito que pode ser codificado.

A capacidade de codificar e transformar o conhecimento é crucial para as empresas. No entanto, o crescente aumento da codificação de conhecimentos e competências leva a uma forte demanda por um complementar conhecimento tácito relacionado à habilidade de selecionar e utilizar a informação e o conhecimento de forma inteligente e produtiva. Desta forma, competências – geralmente tácitas – envolvendo o gerenciamento de novas atividades e a solução de problemas se tornam cada vez mais valorizadas. Este tipo de *know-how*, associado ao uso da informação e do conhecimento acessível, se torna mais escasso e por isso mais importante. E este tipo de habilidade é de difícil codificação, embasada por experiências passadas, aprendizado e percepções atuais.

As TICs aumentam a taxa de mudança a partir de vários mecanismos.

Em primeiro lugar, a taxa de inovação no setor de TICs é alta, envolvendo a geração de novas tecnologias e processos de trabalho. Por intermédio de um processo de difusão, as inovações do setor de TICs tem estimulado inovações em vários outros setores. Adicionalmente, as TICs permitem a efetivação dos processos de comunicação em grandes distâncias que vem marcando o processo de globalização (LUNDVALL E NIELSEN, 2007).

As categorias de conhecimento *know-what* e *know-why*, que já são codificáveis, passam a envolver menos custos do que antes. Assim, bases de dados envolvendo textos científicos ou tecnológicos (bases de patentes) terão acesso ampliado por usuários especializados, capazes de decodificar as comunicações inscritas nestes documentos.

Uma forma de sobrepujar as limitações de transferência do conhecimento tácito para uma forma explícita é a sua incorporação em produtos, equipamentos de processamento e softwares, como sistemas de informação e sistemas especialistas (ERNST E LUNDVALL, 1997).

No entanto, as tentativas de codificação visando codificar a *expertise* humana por intermédio da utilização de sistemas especialistas envolvem alto custo e excesso de informação¹⁵. A automação de atividades humanas acabou se relevando economicamente viável apenas em relação a tarefas repetitivas, realizadas em ambiente relativamente estável.

15 Um sistema especialista é um programa de computador interativo que auxilia o usuário a resolver um problema. Desenvolvido por profissionais da área de Inteligência Artificial, o sistema “responde questões” baseado em regras a partir do processamento de informações não numéricas fornecidas por especialistas no domínio escolhido. O sistema possui uma base de conhecimento formada de fatos e regras sobre o domínio, tal como um especialista humano faria, sendo capazes de oferecer sugestões e/ou conselhos aos usuários .

O setor de TICs é direcionado pelo conhecimento sustentado relacionado à *expertise* de equipes desenvolvedoras (RYAN E O'CONNOR, 2009). A indústria de software, em especial, envolve um processo de desenvolvimento baseado na solução de problemas complexos e tomada de decisão baseada na experiência prévia de analistas de sistemas. O conhecimento dos especialistas é basicamente tácito. Assim, o processo de compartilhamento de conhecimento entre os desenvolvedores é essencial para a geração de novos produtos nesta indústria.

Metodologias ágeis de desenvolvimento de software envolvem processos de socialização e maior flexibilidade do que os métodos tradicionais, baseados em planos detalhados e extensa documentação. Os métodos ágeis reconhecem que os indivíduos são o maior ativo para o sucesso dos projetos, e estimulam processos de autonomia, cooperação e compartilhamento (NERUR ET AL, 2005).

O uso intensivo de TICs em todos os setores da economia vem favorecendo as possibilidades de codificação do conhecimento tácito. Este movimento influencia a importância relativa do *know-how* e incentiva a necessidade de aquisição de competências envolvendo aprender pela ação (*learning by doing*), aprender pelo uso (*learning by using*) e aprender pela interação (*learning by interacting*).

Novos desafios confrontam indivíduos e empresas na transição para a economia do aprendizado, descrita por Lundvall e Nielsen (2007), envolvendo novas formas organizacionais e o desenvolvimento de relacionamentos (*networking*). O formato tradicional da empresa hierárquica, com sua burocracia e rigidez, é uma estrutura pobre para estimular o aprendizado (POWELL ET AL, 1996). Assim, características como descentralização, comunicação horizontal e flexibilidade poderiam ser obtidos por estruturas em rede que permitem, ainda, o acesso a competências externas complementares, que não poderiam ser formadas *in-house*.

Estas novas formas organizacionais apóiam a construção de competências por intermédio do “*learning-by-doing*” (aprendizado pela ação) e “*learning-by-interaction*” (aprendizado pela interação) fortalecendo a capacidade de gerar inovações.

Inovação, aprendizado e criação de conhecimento são processos associados.

O conhecimento, na forma de habilidades e competências, se torna um importante *input* do processo inovativo. A produção de inovações está associada ao processo de criação de conhecimento sendo a inovação um tipo de saída e o aprendizado (em conjunto com o

fortalecimento de competências) outro tipo de saída.

O processo inovativo pode ser descrito por um processo de aprendizado interativo no qual são gerados novos produtos, processos e serviços e os envolvidos – indivíduos e organizações – fortalecem suas habilidades e competências. O aprendizado é um “efeito colateral” do processo inovativo.

Uma implicação importante do processo inovativo e da produção de conhecimento se relaciona às competências que as organizações podem obter por intermédio de relacionamentos externos e parcerias. As organizações necessitam combinar seus processos intra e inter-organizacionais.

Os modelos recentes de inovação enfatizam um processo de criação de conhecimento, e por consequência, de geração de inovações, marcado por interações entre empresas, clientes, fornecedores e instituições de pesquisa, entre outros atores.

No próximo item será descrito o processo de criação e transformação de conhecimento desenvolvido por Nonaka e Takeuchi (1997) e Nonaka et al (2000), ressaltando o processo de conversão, o contexto a ele relacionado e o papel da liderança.

2.3.3 Modelo dinâmico de criação de conhecimento: processo, contexto e liderança

O modelo dinâmico de criação de conhecimento proposto por Nonaka et al (2000) envolve a conjugação de três elementos principais: o **processo de conversão do conhecimento** tácito e do conhecimento explícito chamado pelos autores de SECI; o **contexto compartilhado** para a criação de conhecimento, chamado de *Ba* (que pode ser traduzido como lugar); os **ativos de conhecimento**: entradas, saídas e moderadores do processo de criação de conhecimento.

Segundo este modelo, o conhecimento é criado por intermédio de interações entre os indivíduos ou entre indivíduos e seu contexto. Neste processo interagem as dimensões micro e macro – o indivíduo (micro) influencia e é influenciado pelo meio (macro).

Os **ativos de conhecimento** formam a base dos processos envolvendo a criação de conhecimento. Nonaka et al (2000) definem ativos como recursos específicos à firma que são indispensáveis para a criação de valor. Ativos de conhecimento são entradas, saídas e fatores moderadores do processo de criação do conhecimento em organizações ou redes de organizações.

Eles estão em constante evolução, o que torna difícil sua análise e avaliação.

Considera-se que a abordagem dos ativos de conhecimento pode ser complementar a análise dos intermediários de uma rede Tecno-Econômica tendo em vista que estes podem ser publicações científicas (conhecimento científico certificado), artefatos (como protótipos e modelos), tecnologias e competências. Os intermediários acabam por compor uma carteira de ativos de conhecimento de uma rede, que levam à criação de valor associada ao arranjo inter-organizacional formado.

Apesar do amplo reconhecimento de que o conhecimento é primordial para a geração de vantagens competitivas sustentáveis, Nonaka et al (2000) apontam que não há ainda sistemas efetivos para avaliar e gerenciar ativos de conhecimento, especialmente em função de seu caráter tácito e de sua dinamicidade.

Nonaka et al (2000) indicam que uma organização cria conhecimento por intermédio de interações entre o conhecimento tácito e o explícito, por intermédio de um processo que chamam de “conversão do conhecimento”.

São 4 os modos de conversão: **Socialização** (do conhecimento tácito para tácito); **Externalização** (do conhecimento tácito para o explícito); **Combinação** (do conhecimento explícito para explícito); **Internalização** (do conhecimento explícito para tácito).

A **socialização** é um processo de compartilhamento de experiências visando à criação de novos conhecimentos tácitos. Uma vez que é difícil formalizar o conhecimento tácito, sua aquisição se dá por processos de socialização como a relação de mentor e aprendiz, na qual o último adquire experiências ao desenvolver tarefas. A socialização pode ocorrer também em eventos sociais com o compartilhamento de modelos mentais e experiências e também na interação com indivíduos de outras organizações, sejam clientes, fornecedores ou parceiros.

A **externalização** envolve a articulação do conhecimento tácito em conhecimento explícito. Este processo depende do uso de metáforas, analogias, conceitos, hipóteses ou modelos. Metáforas criam novas interpretações da experiência vivenciada, constituindo-se em uma forma de perceber ou entender intuitivamente a realidade. A analogia possibilita o entendimento do desconhecido através do conhecido, eliminando a lacuna entre a imagem e o modelo lógico. Dentre os quatro modos de conversão do conhecimento, a externalização é um processo-chave para a criação do conhecimento, tendo em vista que implica na criação de conceitos novos e

explícitos a partir do conhecimento tácito.

A **combinação** é o processo de conversão de conhecimento explícito em conjuntos mais complexos e sistemáticos de conhecimento explícito. Envolve a combinação de conjuntos diferentes de conhecimento explícito, reconfigurados através de processos de classificação, de acréscimo, de edição, de combinação, de categorização e processamento visando gerar novos conhecimentos. O uso criativo de redes de comunicação e dados computacionais pode facilitar este modo de conversão.

A **internalização** se refere ao processo de incorporação do conhecimento explícito ao conhecimento tácito. Para que o conhecimento explícito se torne tácito, é necessária a verbalização e diagramação do conhecimento sob a forma de documentos, manuais ou histórias orais. A documentação auxilia os indivíduos a internalizarem este conhecimento, aumentando seu conhecimento tácito. Quando a maioria dos membros da organização compartilha um modelo mental, este conhecimento tácito passa a fazer parte da cultura da organização. Este processo está intimamente relacionado ao aprendizado pela ação (*learning-by-doing*) uma vez que, pela ação (leitura, participar de treinamento, criação de modelo mental) se desenvolve o aprendizado, a base de conhecimento tácito do indivíduo, um ativo valioso.

O conhecimento tácito acumulado ao nível individual pode dar origem a uma nova espiral de conhecimento por intermédio do processo de socialização.

O conhecimento é gerado por intermédio de cada um dos quatro modos de conversão do conhecimento (SECI), e o conhecimento gerado interage na espiral de criação de conhecimento, conforme a Figura 2.2.

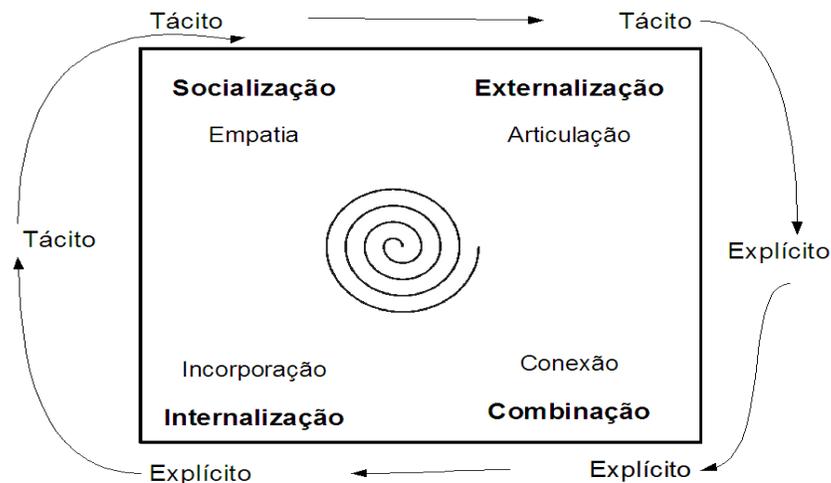


Figura 2.2: Processo SECI e a espiral do conhecimento. Fonte: Adaptado de Nonaka et al (2000)

Vale à pena notar que o movimento em torno dos quatro modos de conversão forma uma espiral e não um círculo. Na espiral a interação entre conhecimento tácito e codificado se amplifica. O novo conhecimento gerado aciona uma nova espiral, que se expande pelas organizações envolvidas.

Nonaka et al (2000) indicam que este processo é dinâmico, iniciando-se ao nível individual e se expandindo por comunidades de interação, de forma a transcender fronteiras seccionais, departamentais e inter-organizacionais.

A espiral do conhecimento ocorre intra e inter-organizações; conhecimentos oriundos de diferentes organizações, como empresas parceiras, universidades, clientes e distribuidores, interagem a fim de gerar novos conhecimentos. Esta dinâmica está associada ao processo inovativo interativo em rede.

Da mesma forma, pode-se dizer que os processos de conversão do conhecimento (SECI) ocorrem também ao nível de redes como as Redes Tecno-Econômicas, pela interação entre conhecimentos tácitos e codificados, do nível individual para o coletivo.

Nonaka et al (2000) aponta que, durante o processo de sua criação, o conhecimento necessita de um contexto para ser criado, envolvendo também quem participa e como participa do processo. Este contexto deve ser físico, incluindo os indivíduos que dele participam bem como a forma de participação. Os autores chamaram-no de **Ba** que pode ser traduzido, de maneira, geral,

como **lugar**.

Ba é a chave do processo de compartilhamento, criação e utilização do conhecimento, provendo energia, qualidade e local para promover conversões individuais acionando novas espirais de conhecimento. Este contexto é importante porque provê a base para que o indivíduo possa interpretar informações de forma a gerar significados, tornando-se conhecimento.

Ba implica em uma relação entre tempo e espaço, envolvendo tanto o **espaço físico**, como um escritório, e/ou um espaço virtual como e-mails, quanto **espaços mentais** como ideais compartilhados. É um contexto compartilhado, com fronteiras abertas, que podem evoluir com o tempo.

No processo de criação de conhecimento, especialmente nos modos de socialização e externalização, torna-se importante que os indivíduos envolvidos compartilhem tempo e espaço. Uma interação próxima, de natureza física, permite formar uma linguagem comum e gerar trocas de experiências e conhecimentos.

Assim, podemos dizer que o *Ba* atua como **uma plataforma para a criação de conhecimento**, reunindo conhecimentos aplicados em um determinado ambiente a uma dada combinação de tempo e espaço visando integrá-los. O *Ba* necessita de **energia** para ser ativado e possui fronteiras fluidas que podem ser alteradas rapidamente pelos participantes. Está em constante movimento, sendo criado, funcionando e desaparecendo de acordo com as necessidades dos participantes.

A **liderança** é um fator importante para a energização do *Ba* e para a continuidade da espiral do conhecimento. Oke et al (2009) apontam que a liderança possui um papel vital em estimular os processos e atividades de inovação nas firmas. Da mesma forma, a liderança possui um papel facilitador no processo de criação de conhecimento ao prover condições adequadas para que ele se desenvolva, tanto no que se refere aos recursos físicos e materiais quanto em energizar este processo gerando motivação e estímulos positivos.

Oke et al (2009) afirmam que o processo inovativo envolve duas grandes fases: um primeiro estágio, criativo, relacionado à geração da invenção, e um segundo passo, árduo envolvendo sua implementação. Diferentes tipos de liderança mais efetivos e eficientes em cada um destes estágios. Além disso, existe uma influência do contexto organizacional envolvido.

O **líder transformacional**, segundo esta teoria, é aquele que possui carisma ou uma influência idealizada (os liderados o seguem por considerá-lo ou se identificarem com ele), a motivação “inspiracional” (se referem à capacidade do líder em motivar seus seguidores a buscarem novas oportunidades), proporciona estímulo intelectual (encorajando a inovação e a criatividade) e consideração pelas necessidades individuais da equipe.

O **líder transacional**, por sua vez, é aquele que clarifica as expectativas em relação aos resultados e estabelece recompensas quando o indivíduo atinge as expectativas. Além disso, ele toma ações corretivas a fim de atingir os resultados. Este tipo de líder é visto como um arquiteto organizacional. Líderes transacionais operam dentro dos limites e regras do ambiente organizacional, visando manter o status quo.

Tendo em vista a complexa natureza das organizações, do ambiente que as cercam e do próprio processo inovativo, ambos os estilos de liderança são importantes para a performance de uma organização.

Oke et al (2000) indicam que um ambiente de relacionamentos inter-organizacionais, como as redes, requer ambos os estilos de liderança. Ao mesmo tempo em que a liderança transformacional está focada na geração de novas idéias e produtos, os líderes transacionais atuam no sentido de prover estruturas, processos formais e sistemas requeridos para o sucesso de atividades desenvolvidas entre diferentes instituições.

Em relação ao papel da liderança na geração de novos conhecimentos, Nonaka et al (2000) diferenciam os diferentes níveis hierárquicos: a alta administração e os gerentes de linha.

Os gerentes de linha são últimos chamados pelos autores de “produtores de conhecimento” uma vez que fazem a interseção entre vários fluxos de comunicação na organização. A liderança tradicional – *top-down* – não se adequa a este contexto; a liderança distribuída é uma característica chave para o processo de criação de conhecimento.

Nonaka et al (2000) destacam que os líderes devem oferecer uma **visão de conhecimento**, desenvolvem e promover o compartilhamento de ativos de conhecimento, criando e energizando o *Ba* (contexto) de forma a possibilitar o desenvolvimento de contínuas espirais de criação do conhecimento.

A visão do conhecimento deve ser articulada e comunicada pela alta administração intra e inter-organizacionalmente. **É esta visão que define que tipo de conhecimento a organização**

produzirá e em que domínio, estabelecendo como a organização e sua base de conhecimento irão evoluir ao longo do tempo. A visão de conhecimento articulada pela alta administração transcende as fronteiras da organização e define o sistema de valores que avalia, justifica e determina a qualidade do conhecimento criado pela organização. Este sistema atua em conjunto com as normas, rotinas e habilidades. Neste processo, estimula-se a criação de comprometimento entre os envolvidos.

A alta gerência gerencia possui uma função mais estratégica relacionada ao gerenciamento dos **ativos de conhecimento** de que se dispõe, de quais devem ser **criados** e como **organizar a firma** em função disso.

Estas atividades da liderança estão bastante alinhadas à liderança transformacional (desenvolvimento de ativos de conhecimento e criação de estratégia) e à liderança transacional (gerenciar ativos de conhecimento e redefinir a organização) descritas por Oke et al (2009).

É importante também dispor de gerentes de linha que servem de ponte entre a visão da alta administração e o caos da linha de frente, transformando a visão e os valores em conceitos e imagens que guiam e vitalizam o processo de construção do conhecimento. Os gerentes de linha, mais próximos das equipes de trabalho, sabem onde encontrar conhecimento ou indivíduos que possibilitem a firma criar ou transformar seu conhecimento, utilizando-se de seu *know-who*.

Nonaka et al (2000) advertem que os ativos de conhecimento de uma organização podem gerar um processo de rigidez, que paralisa a inovação em lugar de promovê-la. Desta forma, a busca e criação de novos ativos de conhecimento nunca deve ser esquecida.

A alta administração e os gerentes de linha devem prover elementos para a formação do *Ba* como espaço físico, equipamentos, redes de comunicação ou delineando objetivos comuns. Além disso deve ser escolhida a combinação certa de indivíduos e promover sua interação. É importante que os gerentes se utilizem de *Bas* formados espontaneamente, envolvendo interações de indivíduos internos e externos à organização, de forma a torná-los *Bas* efetivos.

Os líderes devem atuar no sentido de energizar o *Ba* fornecendo mais energia e qualidade ao processo de conversão SECI. Para isto os gerentes devem oferecer as condições necessárias como: autonomia de ação dos indivíduos; geração de um ambiente criativo incentivando que os indivíduos transcendam sua fronteiras de ação; oferecendo redundância de informação a fim de aumentar a velocidade de criação de conhecimentos; e gerando um ambiente de confiança e

comprometimento, fundações da criação de conhecimento.

A liderança possui um papel estratégico ao interpretar as situações vivenciadas a fim de saber para onde está indo o processo de geração de conhecimento, que tipo de conhecimento pode ser convertido, dentro e fora da organização. E os gerentes de linha, por sua vez, estão no centro deste processo, fazendo a ponte entre a estratégia e a ação operacional.

No âmbito das Redes Tecno-Econômicas também os líderes contribuem para o desenvolvimento de um contexto favorável à inovação, impondo uma visão de conhecimento e proporcionando um ambiente de criatividade, confiança e comprometimento.

O próximo Capítulo desta dissertação descreve um estudo de caso que tem por unidade de análise a rede mobilizada pelo Sistema de Monitoramento Agrometeorológico – Agritempo.

Caracterizado como um sistema de informações de base *web*, o Agritempo oferece dados e produtos meteorológicos gratuitamente na Internet, visando atender aos diferentes atores do setor agropecuário como produtores, cooperativas, empresas privadas, órgãos governamentais e institutos públicos de pesquisa agrícola.

A rede de atores mobilizada tem alto grau de complexidade envolvendo uma rede física de estações de observação meteorológica e sensores que captam imagens de satélite, associada a uma rede de comunicações baseada em computadores e na infra-estrutura da Internet e a um arranjo de organizações que compartilham dados, conhecimentos, competências e recursos financeiros para o desenvolvimento e operacionalização do sistema, o fortalecimento de sua base de dados e para atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação associadas a agrometeorologia.

Desta forma são descritos a seguir: os antecedentes da ação de desenvolvimento do sistema Agritempo, as atividades de desenvolvimento do sistema e o processo de criação de conhecimento a ele associada (SECI), o processo de formação da rede inter-organizacional, a análise da morfologia desta rede considerando o conceito de Rede Tecno-Econômica (CALLON, 1991;1992) e as formas de coordenação empregadas.

CAPÍTULO 3

**Geração de inovações e criação de conhecimento em
agrometeorologia: análise da dinâmica da
rede mobilizada pelo Sistema Agritempo**

Introdução

Este Capítulo descreve inicialmente os antecedentes da ação de desenvolvimento do Sistema de Monitoramento Agrometeorológico – Agritempo envolvendo a formação de uma rede de organizações que gerou o Programa de Zoneamento Agrícola de Riscos Climáticos – ZARC do MAPA. O Zoneamento Agrícola, que se tornou um instrumento de política agrícola, é anterior ao desenvolvimento do sistema Agritempo e teve por objetivo minimizar os riscos climáticos associados ao plantio de cerca de várias culturas ao longo de grande parte do território nacional. Há uma forte interdependência entre estas duas iniciativas.

São apresentados também os elementos institucionais associados ao Sistema Embrapa de Gestão – SEG que recebe propostas a partir de chamadas ou editais relacionados a tipos de carteiras de projetos de pesquisa. O sistema Agritempo foi desenvolvido por intermédio de um projeto submetido ao SEG.

Na sequência, é apresentada a unidade de análise selecionada para o estudo de caso: a rede mobilizada pelo sistema Agritempo. Neste item são descritas as atividades empreendidas para desenvolvimento do sistema e o processo de conversão de conhecimento associado, os atores envolvidos, seus principais financiadores; os desafios tecnológicos enfrentados e o mapeamento da rede mobilizada, destacando os papéis das diferentes categorias de atores.

O próximo item envolve uma análise processo de inovação em agrometeorologia por intermédio da análise da dinâmica da Rede Tecno-Econômica formada, utilizando-se dos instrumentos oferecidos por Callon et al (1992; 1995). São analisadas as características de irreversibilidade desta rede, sua morfologia e os mecanismos de coordenação empregados, com especial destaque para o papel da liderança.

Para estudar o fluxo de dados e informações e o processo de criação e transformação de novos conhecimentos em agrometeorologia, foram utilizados os conceitos desenvolvidos por Nonaka et al (2000), relacionados ao processo de conversão SECI, ao contexto associado (chamado de *Ba*) bem como ao papel da liderança neste processo.

Por fim, são delineadas as conclusões obtidas no capítulo.

3. O sistema Agritempo e a geração de inovações

Tendo em vista que o processo inovativo é dependente do setor analisado (PAVITT, 2003), pode-se dizer que a análise das trajetórias tecnológicas seguidas pelos setores de Meteorologia e Agrometeorologia, associadas às questões institucionais e organizacionais a eles relacionadas, permitem analisar com mais clareza o processo inovativo relacionado ao caso de estudo selecionado.

O processo de inovação do setor agrometeorológico, discutido no Capítulo 1, está intimamente relacionado à evolução dos instrumentos de medição e coleta de dados, dos mecanismos de comunicação e das tecnologias para armazenamento e processamento das informações coletadas. O rápido avanço da microeletrônica, dos computadores e das telecomunicações vem permitindo a circulação e o processamento de grandes quantidades de dados com a utilização de técnicas estatísticas e modelos matemáticos.

Da mesma forma, a evolução das equações e modelos matemáticos utilizados para efetuar previsões numéricas, associada ao aumento da capacidade computacional, possibilitou o aumento da precisão das previsões geradas, levando a uma maior confiabilidade dos usuários em relação às informações produzidas.

A disponibilidade de uma base de dados meteorológicos e agrometeorológicos consistente é um dos principais pré-requisitos para o estudo e gerenciamento de processos agrícolas e florestais. O processo de construção deste tipo de base de dados envolve a coleta de dados, sua transmissão a um centro de armazenamento, seu processamento, atividades de controle de qualidade, armazenamento dos produtos gerados, interface de acesso e gerenciamento dos dados.

A execução de todas estas etapas torna a informação gerada bastante valiosa por sua utilidade e pela facilidade de acesso, permitindo sua utilização pelos usuários finais como agricultores e associações, serviços governamentais, empresas privadas e vários setores do agronegócio (DORAISWAMY ET ALLI, 2000).

Desta forma, pode-se dizer que sistemas de informações agrometeorológicas – como o Agritempo - permitem oferecer orientações no sentido de minimizar riscos e reduzir perdas causadas por condições meteorológicas adversas, que representam cerca de 80% da variabilidade que ocorre na produção agrícola (SENTELHAS e MONTEIRO, 2009) e caracterizam a

agricultura como uma das atividades econômicas mais dependentes do clima e do tempo,

Doraiswamy et alli (2000) apontam que a construção e gerenciamento da base de dados e as atividades de processamento são críticas para o sucesso deste tipo de tecnologia. Um sistema de informações agrometeorológicas recebe dados em vários formatos (como valores numéricos ou arquivos de imagens, por exemplo) e envolve requisitos relativos à consistência e precisão de dados. Além disso, necessita de uma infra-estrutura de comunicações para interligar estações de observação, centros de coleta de dados, servidores do sistema e os usuários, processo que se tornou exequível depois da revolução das tecnologias de informação.

Além de contribuir para o processamento dos dados agrometeorológicos, a chamada “revolução informacional”, indicada por Lévy (2000), possibilitou uma transformação radical nas formas de comunicação e de troca de informações, aumentando a velocidade do processo inovativo e de criação e difusão de novos conhecimentos.

O Sistema de Monitoramento Agrometeorológico – Agritempo foi desenvolvido com o propósito de lidar com as características deste novo contexto informacional relacionado à Agrometeorologia. O sistema se utilizou de uma infra-estrutura física formada por uma rede tecnológica, usufruindo da Internet e das possibilidades de comunicação por ela oferecidas. Além disso, novas técnicas de processamento e visualização e dados foram aplicadas em sua construção, permitindo a automatização de todo o processo de coleta, armazenamento, transformação e disponibilização de dados. A disponibilidade de grande quantidade de dados, em diferentes formatos, também permitiu aumentar a precisão dos trabalhos de previsão numérica do tempo.

Desta forma, pode-se dizer que o sistema Agritempo apresenta-se como uma importante inovação de produto, oferecendo informações meteorológicas específicas para o setor agrícola com cobertura para todo o território brasileiro, bem como uma importante inovação de processo relacionada com a automatização de tarefas, antes realizadas manualmente de forma a contribuir para o aumento da precisão e da confiabilidade dos produtos gerados.

Estruturado com base em uma complexa rede de organizações, o sistema Agritempo caracteriza-se também como uma inovação organizacional, envolvendo a formação de um arranjo coordenado de organizações heterogêneas que se reuniram com os objetivos de compartilhar dados próprios, acessar os dados disponibilizados por outras organizações, utilizar a base de dados do sistema para estudos e pesquisas próprias, gerar produtos específicos em colaboração

com outras instituições e utilizar-se de produtos de monitoramento e previsão para atividades operacionais (como os serviços governamentais).

A motivação inicial para a construção de uma ampla rede inter-organizacional foi a ampliação da base de dados meteorológicos do sistema. O processo de articulação de parceiros formou uma rede envolvendo mais de 40 instituições que passaram a enviar os dados de suas estações de observação para a base do sistema. Criou-se, assim, um intenso fluxo de dados e informações, recebidos de uma rede de observação composta por cerca de 1.380 estações meteorológicas ativas.

A formação e estruturação de uma rede visando a criação do sistema Agritempo tem muitos dos elementos peculiares à formação das redes meteorológicas que ocorreram a partir do século XIX, descritas no Capítulo 1. Assim como o telégrafo representou um fator de mudança tecnológica e organizacional ao interligar as redes de observação do século XIX, ao facilitar a transmissão de dados e conectar pontos de observação distantes entre si; no caso do sistema Agritempo, as tecnologias de informação e especialmente a Internet, assumiram este papel, permitindo não só a transmissão de dados mas também a interação entre as organizações envolvidas e entre os usuários do sistema, diferenciando-se assim das redes do século XIX pelo aumento da velocidade da mudança tecnológica e pelas possibilidades de interação oferecidas.

O contexto da revolução informacional do século XXI possibilitada pelas TICs (LÉVY, 2000) envolve aceleradas mudanças e o aumento da complexidade do setor de Ciência e Tecnologia, caracterizando-se por um intenso ritmo de acumulação de diferentes tipos de dados, pelo amplo acesso à informação e pela alta velocidade da geração e difusão de inovações.

A complexidade deste processo está refletida na questão do armazenamento dos dados meteorológicos: não só aumentou a quantidade de dados mas também as diferentes categorias de dados a serem armazenados, em um volume surpreendente.

A disponibilização de dados e produtos agrometeorológicos pela Internet fez com que o sistema Agritempo pudesse alcançar diversos públicos que podem fazer uso destas informações como: produtores, associações e representantes do governo, de forma a propiciar a democratização do acesso à informação agrometeorológica.

3.1 – Iniciativas antecedentes ao Agritempo

RIPA (2008) aponta que o Agronegócio e, em especial, seu componente “produção agropecuária”, está sujeito a um ambiente de maiores riscos e incertezas quando comparados a outros setores da economia (p. 21). O investimento do produtor agrícola, por exemplo, está sujeito a riscos associados ao clima, à proliferação de doenças, além de questões de mercado envolvendo a oscilações dos preços agrícolas.

Considerando esta peculiaridade da produção agropecuária, o Governo Federal utiliza-se de uma série de instrumentos e políticas de estímulo ao setor como o crédito rural, a garantia de preços mínimos, o seguro agrícola, as atividades de extensão rural e a própria estrutura de pesquisa científica e tecnológica.

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA é responsável pela gestão das políticas públicas de estímulo à agropecuária, pelo fomento do agronegócio¹⁶ e pela regulação e normatização de serviços vinculados ao setor (MAPA, 2011). Desta forma, o MAPA busca congrega sob sua gestão os aspectos mercadológico, tecnológico, científico, ambiental e organizacional do setor produtivo e também dos setores de abastecimento, armazenagem e transporte de safras, além da gestão da política econômica e financeira para o agronegócio.

O MAPA conta com uma complexa estrutura organizacional envolvendo 5 Secretarias, 27 superintendências estaduais, uma rede de seis laboratórios, o Instituto Nacional de Meteorologia - INMET e a Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira – CEPLAC , além de duas empresas vinculadas: a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa e a Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB - empresas públicas que atuam sobre ingerência e coordenação do MAPA.

A Secretaria de Política Agrícola - SPA, vinculada ao MAPA, atua no planejamento e execução de medidas de apoio à produção agrícola em três pilares básicos. recursos para o financiamento do agronegócio; para o apoio e sustentação dos preços agropecuários por meio de

16 De acordo com esta definição, considera-se que o agronegócio brasileiro contempla o pequeno, o médio e o grande produtor rural, reunindo atividades de fornecimento de bens e serviços à agricultura, a produção agropecuária, o processamento, a transformação e a distribuição de produtos de origem agropecuária até o consumidor final.

aquisições governamentais e equalizações de preços; e o aperfeiçoamento da gestão de risco por meio da subvenção ao prêmio do seguro rural, do Programa de Garantia da Atividade Agropecuária – PROAGRO e do Zoneamento Agrícola de Risco Climático- ZARC.

O Departamento de Gestão de Risco Rural - Deger integra esta secretaria, encarregando-se do desenvolvimento de estudos para a formulação e implementação das políticas gerenciais de riscos do setor agropecuário relacionadas com o seguro rural, o PROAGRO e o ZARC.

O Zoneamento Agrícola de Riscos Climáticos é um instrumento de apoio à política agrícola do Governo Federal que influencia as áreas de crédito e seguridade rural. Constituiu-se em uma ferramenta de suporte para tomada de decisões no PROAGRO e também servindo como referencial para empresas privadas que atuam na área securitária e financeira (CUNHA E ASSAD, 2001).

3.1.1 Desenvolvimento do Zoneamento Agrícola de Riscos Climáticos

O PROAGRO foi estabelecido pela lei número 5.963, de 11 de dezembro de 1973, e entrou em operação a partir de 1975. Desenvolvido com o objetivo de garantir a atividade dos produtores rurais quando os custos investidos em seus empreendimentos são prejudicados por fenômenos naturais adversos, revelou-se um importante instrumento de política agrícola (CUNHA E ASSAD, 2001).

É administrado pelo Banco Central do Brasil, segundo normas elaboradas com o Conselho Nacional de Política Agrícola - CNPA e aprovadas pelo Conselho Monetário Nacional. As instituições financeiras são consideradas agentes do PROAGRO sendo responsáveis pela apuração das perdas e o pagamento das coberturas. Os pedidos de perda e solicitações de indenização são efetuados pelo agricultor ao PROAGRO, intermediado por um agente financeiro. Se este pedido for indeferido e houver a interposição de um recurso, o processo é encaminhado à CER - Comissão Especial de Recursos. Esta Comissão decide sobre os pedidos recursais relativos à apuração dos prejuízos (ROSSETTI, 2001) e possui uma secretaria executiva alocada no MAPA e integrantes que representam várias instituições como Banco Central (gestor do PROAGRO), o próprio MAPA, o Banco do Brasil, Organizações Cooperativas e a Federação Brasileira de Bancos - Febraban.

Na década de 1990, as taxas de sinistralidades nas lavouras brasileiras eram muito altas e o PROAGRO, em função das elevadas perdas e pagamento de indenizações, se encontrava em graves dificuldades de operacionalização e efetivação dos ressarcimentos das indenizações. Como o programa não se sustentava, surgiram vários questionamentos relacionados à sua viabilidade.

Nesta época o então Ministério da Agricultura e do Abastecimento divulgou o relatório “Eventos Generalizados e Seguridade Agrícola” elaborado por técnicos da Universidade de Brasília, do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA e da Comissão Especial de Recursos – CER/ PROAGRO (ROSSETTI, 1998; ASSAD, 2004).

Em relação aos eventos sinistrantes, o relatório evidenciou que as principais causas das perdas agrícolas que limitavam o crescimento da agricultura brasileira, eram: a chuva excessiva no período de colheita e os períodos de seca durante a fase reprodutiva das plantações (ROSSETTI, 2001). Ficou claro o quanto os eventos climáticos vulnerabilizavam o PROAGRO e que as perdas eram consequência de um baixo conhecimento da distribuição das chuvas durante o ano (ZULLO JÚNIOR ET AL, 2006).

Além das questões climáticas, o relatório reflete uma análise dos problemas estruturais do PROAGRO envolvendo falta de pessoal para operacionalização dos processos de seguro, dificuldades de pagamento das coberturas, problemas na metodologia atuarial, falta de informação em relação às operações garantidas, áreas seguradas e tecnologias empregadas.

Adicionalmente, foi identificada a necessidade de mudanças em relação ao incentivo e acompanhamento da adoção de tecnologias por parte dos produtores. Estas tecnologias poderiam ser oferecidas pela rede de Extensão Rural, pelas empresas de pesquisa agropecuária e pelos próprios fornecedores de suprimentos, máquinas e equipamentos.

Mesmo com todas as recomendações efetuadas pelo relatório do IPEA em relação a mudanças na operacionalização, nas regras e estrutura operacional, o PROAGRO continuou deficiente em seu gerenciamento e inviável economicamente (ROSSETTI, 1998).

A situação começou a ser modificada em fins de 1995.

Durante um evento de divulgação tecnológica promovido em 1990 na cidade de Planaltina, D.F., nas dependências da Embrapa Cerrados, foram apresentados vinte *softwares* com diversas finalidades. Um sistema desenvolvido para a caracterização das chuvas nos cerrados chamou a

atenção de representantes do MAPA. O *software*, além de quantificar a chuva de maneira pontual, aplicava avançadas técnicas de modelagem agrometeorológica e de geoprocessamento para espacializar a chuva com precisão, além de estimar o risco climático provocado por deficiência hídrica para a cultura do arroz, em várias datas de plantio e em solos e ciclos diferentes (ASSAD, 2004).

Conforme descrito anteriormente, a **Embrapa** é uma empresa pública federal, vinculada ao MAPA e responsável pelo desenvolvimento de atividades de pesquisa agrícola no Brasil. Possui uma estrutura organizacional formada por 43 unidades de pesquisa, 14 unidades administrativas e 3 unidades de serviço cobrindo todo o território brasileiro (EMBRAPA, 2011).

A partir deste interesse do MAPA pela tecnologia apresentada foram estabelecidos relacionamentos entre os pesquisadores da Embrapa e os técnicos do MAPA que culminaram no desenvolvimento do projeto de pesquisa “**Redução de Riscos Climáticos na Agricultura**”, iniciado em outubro de 1995.

Este projeto foi o primeiro passo para a concretização do **Zoneamento Agrícola de Riscos Climáticos**, e teve por objetivo promover estudos regionais de sinistralidade climática no Brasil a fim de minimizar as perdas na produção agrícola, disponibilizando ao produtor rural os períodos mais adequados ao plantio, de forma a reduzir os riscos climáticos.

O relatório “Eventos Generalizados e Seguridade Agrícola” foi um grande ponto de partida para a efetiva determinação dos vários riscos incidentes na agricultura (ROSSETTI, 2001). Este relatório evidenciou um **problema de pesquisa bem definido**: a importância dos déficits e dos superávits hídricos para a produtividade agrícola, tendo em vista que cerca de 90% das perdas agrícolas estavam relacionadas a excesso ou falta de chuvas.

Durante o projeto “Redução de Riscos Climáticos na Agricultura” foram desenvolvidos modelos matemáticos, probabilísticos e agrometeorológicos que permitiam indicar o que plantar, onde plantar e quando plantar com um risco de no máximo 20%, ou seja, com 80% de chance de sucesso (ASSAD, 2004).

Para a execução deste projeto foi formada uma rede heterogênea constituída por várias instituições de pesquisa agrícola, por universidades, agências governamentais e serviços meteorológicos brasileiros. Várias Unidades Descentralizadas de Pesquisa da Embrapa integraram esta rede como: a Embrapa Cerrados, a Embrapa Arroz e Feijão, a Embrapa Trigo, a

Embrapa Clima Temperado, a Embrapa Milho e Sorgo e a Embrapa Soja. Além delas; faziam parte da rede alguns institutos de estaduais de pesquisa agrícola como a Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina – Epagri, o Instituto Agrônômico do Paraná – IAPAR e o Instituto Agrônômico de Campinas – IAC; serviços de meteorologia brasileiros como o Instituto Nacional de Meteorologia – INMET; agências governamentais como a Agência Nacional de Águas – ANA e Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL; e instituições de ensino como a Universidade Estadual de Campinas – Unicamp.

Vale ressaltar que o desenvolvimento deste projeto só foi viável pela existência de competências consolidadas em agrometeorologia no Brasil, formadas desde a década de 1970 e capazes de atuar em um projeto tão ambicioso. Profissionais como Prof. Hilton Silveira Pinto, Dr. Fernando Motta e Dr. Ângelo Paes de Camargo, fazem parte desta primeira geração.

Em relação à formação de competências e ao processo de construção de relacionamentos, é necessário destacar a ação dos “colégios invisíveis” conforme descreve Crane (1969) ao analisar os relacionamentos estabelecidos entre cientistas. Alguns dos agrometeorologistas envolvidos neste projeto fizeram seus estudos de doutorado no exterior, mais especificamente na França. Tendo em vista a existência de relacionamentos estabelecidos entre os professores orientadores franceses, estes acabavam incentivando e articulando contatos entre seus ex-alunos, em diferentes países, contribuindo para a formação de redes de pesquisa em agrometeorologia.

A partir do trabalho integrado das várias instituições envolvidas foi possível desenvolver a metodologia do Zoneamento Agrícola e operacionalizá-la, publicando a resolução correspondente na safra de inverno de 1996 (CUNHA e ASSAD, 2001) que comunicava as recomendações do Zoneamento Agrícola para vários estados brasileiros, envolvendo várias culturas e diferentes tipos de solos.

Para desenvolver o zoneamento de uma cultura é necessário estudar sua fisiologia a fim de entender como a planta responde a variações do ambiente como diferentes temperaturas e disponibilidade de água. Além disso, é necessário conhecer o comportamento do clima e do tempo na região considerada, correlacionando as informações fenológicas e climáticas.

Após o desenvolvimento do zoneamento de várias culturas, o MAPA indicou ao Conselho Monetário Nacional – CMN que esta tecnologia poderia reduzir as perdas do seguro rural associadas aos eventos climáticos adversos. E, a partir de decisões do Conselho Monetário

Nacional, o Banco Central do Brasil baixou resoluções instituindo alíquotas diferenciadas de adesão ao PROAGRO para os produtores rurais que aderissem ao Zoneamento Agrícola (ROSSETTI, 2001). As resoluções publicadas definiam os períodos de semeadura, por município, correlacionando o ciclo da cultura, os tipos de solos e de cultivares recomendadas, envolvendo todo o território nacional.

Em 1996/1997, o Zoneamento Agrícola de Riscos Climáticos abrangia as culturas de trigo (safra de inverno, região centro-sul), lavouras de sequeiro de algodão, arroz, feijão, milho, soja e arroz irrigado. Mais de 10 anos depois, na safra 2008/2009 foram 25 culturas e na safra de 2009/2010, 39 culturas.

Em um primeiro momento, a adesão às recomendações do Zoneamento Agrícola não era obrigatória, mas, quem as seguisse teria redução nas alíquotas de adesão ao PROAGRO. Posteriormente, as recomendações do Zoneamento Agrícola passaram a ser obrigatórias para adesão ao PROAGRO, quando havia o zoneamento para uma dada cultura.

Hoje o Zoneamento Agrícola de Risco Climático atua no sentido de orientar agricultores, profissionais do setor agropecuário e agentes financeiros e seguradoras, a fim de minimizar os riscos de perdas ocasionadas por intempéries climáticas nas fases mais sensíveis das lavouras. A taxa de sucesso prevista é de 80%.

O foco do Zoneamento Agrícola envolve evitar ou diminuir a probabilidade da perda de safra causada por eventos climáticos; no caso das culturas de verão, as perdas são causadas pelo excesso de chuva, e no caso das culturas de inverno, pelas geadas.

Cada cultura possui necessidades específicas ao longo do ciclo fenológico da planta (sua evolução e crescimento ao longo do tempo) envolvendo variáveis como: temperatura, quantidade de água, radiação solar, entre outros. Em relação ao solo, a variável considerada é disponibilidade de água não fertilidade.

Segundo o Sujeito 22 (entrevistado), o cruzamento da oferta climática de uma dada região (relacionada a água, temperatura e radiação) com os conhecimentos relacionados ao desenvolvimento fenológico de determinada cultura ou cultivar permite verificar se um município possui condições climáticas para produzir esta cultura e, em caso afirmativo, indicar o melhor período para efetuar o plantio.

Ele indica ainda que, para isto são utilizadas séries históricas de registros diários e efetuadas várias simulações (de 10 em 10 dias) de forma avaliar, por período, qual a melhor associação

entre a oferta climática e as características da cultura em uma dada localidade, estabelecendo um período mais recomendado de plantio.

O Zoneamento Agrícola revela-se uma ferramenta interessante para auxiliar produtores que migram e passar a exercer suas atividades em áreas diferentes das que viveram anteriormente. O Zoneamento é um instrumento que permite guiar os produtores em relação às condições climáticas da nova região e sua influência na cultura pretendida.

Além disso, o produtor necessita observar as recomendações do Zoneamento Agrícola para ser beneficiado por diversos programas do Governo Federal como o PROAGRO, o PROAGRO Mais e a subvenção federal ao prêmio do seguro rural. Além disso, alguns bancos já condicionam a concessão do crédito rural ao uso das recomendações do Zoneamento de Riscos Climáticos (MAPA, 2009).

Sempre houve um esforço por parte da bancada ruralista do Congresso Nacional no sentido de que o Governo Federal promova a securitização das safras agrícolas. Desta forma, o uso das recomendações do Zoneamento Agrícola como um pré-requisito para efetuar o Seguro Rural ou mesmo para a concessão do Crédito Agrícola, revela-se assim um importante instrumento do Governo Federal a fim de minimizar riscos climáticos e evitar perdas.

As atividades privadas de Seguro Rural são apoiadas pelo Governo Federal, não só no Brasil, mas em outros países. A principal razão é que, em função dos riscos associados à atividade agrícola, a iniciativa privada não entrava nesta atividade.

O Governo Federal estabeleceu, assim, uma política de subsídio ao Prêmio do Seguro Rural. O Governo subsidia o prêmio (alíquota de adesão), porém o risco é da seguradora. O produtor, por sua vez, necessita obedecer às recomendações do Zoneamento Agrícola.

Conforme MAPA (2009), as culturas regionais e os consórcios também estão sendo incorporadas ao Zoneamento visando incluir produtores não abrangidos pelas culturas e localidades atualmente zoneadas. Em próximas safras serão incluídas abacaxi, cacau, cana-de-açúcar, eucalipto, mamão, maracujá, milho e culturas consorciadas (algodão x feijão caupi, café x feijão, café x milho, feijão x milho, milho x braquiária e soja x braquiária).

Rossetti (2001) indica que após a implantação do Zoneamento Agrícola surgiu “novo PROAGRO”, que passou a ser desenvolvido em novos moldes orientado por outras regras, pela indução do uso de tecnologia (zoneamento de riscos climáticos, cultivares indicadas e plantio

direto, por exemplo) e por uma tabela atuarial diferenciada. Buscou-se a recuperação da imagem do PROAGRO, por meio da quitação dos débitos pendentes. Com a queda do índice de sinistralidade e a rentabilidade positiva desde a implementação do Zoneamento, o PROAGRO também passou a ser utilizado como instrumento de política agrícola voltado ao cumprimento das metas do Governo.

Entre os principais resultados alcançados pelo Programa de Zoneamento Agrícola de Riscos Climáticos do MAPA, destacam-se: redução de riscos climáticos para culturas, o retorno de capitais aplicados em operações de crédito agrícola, redução das taxas de sinistralidade e, de modo geral, diminuição no número de indenizações pagas pelo PROAGRO e por seguradoras privadas (CUNHA e ASSAD, 2001).

Em relação ao projeto “Redução de Riscos Climáticos na Agricultura” e o desenvolvimento das metodologias que embasam o Zoneamento Agrícola, vale ressaltar a significância do papel central de duas categorias de lideranças, conforme indicado pelo Sujeito 3:

Luiz Antônio Rossetti, Presidente da Comissão Especial de Recursos – CER do Programa de Garantia da Atividade Agropecuária – PROAGRO, fazia a ponte entre as demandas da equipe de pesquisa (pólo científico e tecnológico desta rede) e os decisores e financiadores, como a alta administração do MAPA e líderes de opinião, como políticos e congressistas.

Eduardo Delgado Assad, pesquisador da Embrapa, e **Hilton Silveira Pinto**, pesquisador do Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura – Cepagri¹⁷ vinculado à Universidade Estadual de Campinas – Unicamp, foram os **Coordenadores Técnicos** do projeto “**Redução de Riscos Climáticos na Agricultura**”. Estes pesquisadores estabeleceram ações colaborativas com várias instituições por intermédio de sua rede de relacionamentos no campo científico. Posteriormente estabeleceram grupos de trabalho, dividindo as tarefas em função da especialidade de cada instituição e de suas competências relacionadas a determinadas culturas e/ou região do país. Os líderes tecno-científicos proporcionaram o nivelamento da infraestrutura de equipamentos das equipes mobilizadas por intermédio de investimentos distribuídos entre as instituições de pesquisa. Os líderes técnicos cobravam resultados da equipe envolvida e os apresentavam ao Sr. Rossetti, negociando com ele as demandas e necessidades da área técnico-

17 O Cepagri foi criado em novembro de 1983 como um núcleo da Unicamp. Suas principais áreas de atuação são agrometeorologia, agroclimatologia, geotecnologias (com ênfase no sensoriamento remoto aplicado à agricultura) e a ecofisiologia.

científica relacionadas a novos investimentos, equipamentos. Além disso, faziam a ponte entre as demandas governamentais e a equipe técnica.

A atuação destes líderes foi destacada pelos atores entrevistados durante a pesquisa.

O Sujeito 3 aponta: “O Dr. Rossetti fazia a ponte entre a equipe técnico-científica e os políticos e financiadores. O Dr. Assad por sua vez conseguiu mobilizar vários grupos de agrometeorologistas no Brasil para atuar nesta frente de pesquisa. Rossetti cuidava da parte política e era um demandante. Após compreender a questão técnica, defendia e levava a discussão para o âmbito político. Assad, por sua vez, discutia com o demandante e trazia as diretrizes para a equipe técnica. Sabia cobrar os resultados, conseguia os recursos para a execução das tarefas”.

Já o Sujeito 14 considera que: “A capacidade de liderança do Dr. Assad, aliada à do Dr. Rossetti, transformaram o Zoneamento em uma política pública”.

A Figura 3.1, a seguir, representa as diferentes dimensões - política, pública e tecno-científica - relacionadas ao arranjo institucional formado para o desenvolvimento do Zoneamento Agrícola, destacando suas duas principais lideranças: pública e política e tecno-científica.

Por intermédio de uma complexa ação em rede, o Zoneamento Agrícola promoveu um processo de reordenamento no setor produtivo tendo em vista que veio a atender demandas da pequena produção, assim como da agricultura comercial, de larga escala, levando ao aumento da rentabilidade, oferecendo mais segurança e credibilidade para os atores envolvidos na produção agrícola e nos setores de crédito e seguridade rural (BIUDES ET AL, 2005).

Seu desenvolvimento envolveu a reunião de muitas instituições (como a Embrapa, a Unicamp, o IAPAR, a EPAGRI, o IAC, entre outros) coordenadas por intermédio da ação de líderes técnicos e político, estabelecendo uma forte estrutura técnica e científica, importantes fontes de financiamentos e apoio político para a iniciativa.

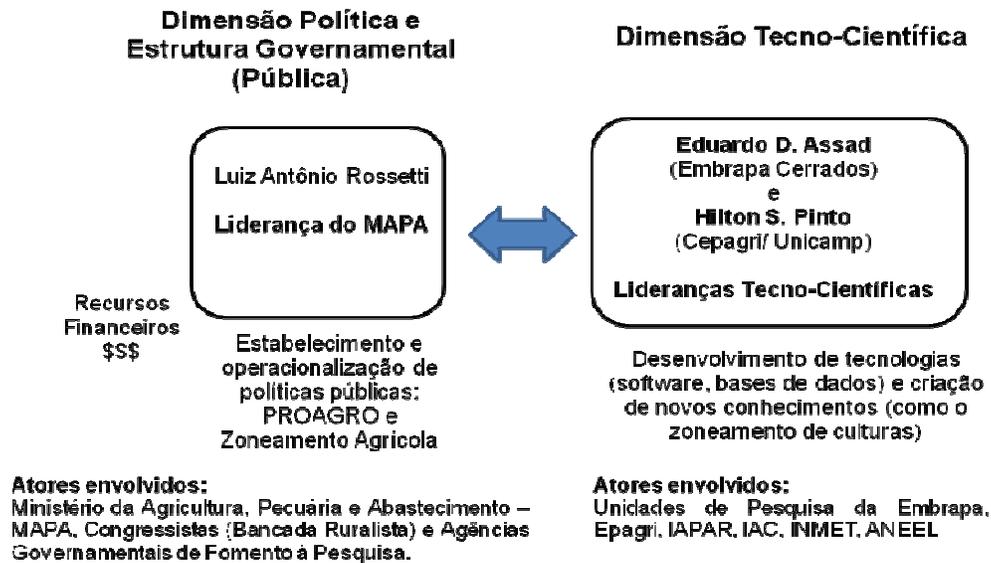


Figura 3.1: Líderes, dimensões e atores envolvidos no Zoneamento Agrícola em 1995

Para operacionalizar as recomendações anuais do Zoneamento, houve, posteriormente, a necessidade da contratação, pelo MAPA, de uma empresa especializada para esta tarefa (por licitação). Esta empresa terceirizada gerencia dados de uma ampla base de estações e dados agrometeorológicos. As instituições de pesquisa envolvidas no Zoneamento desenvolvem continuamente estudos visando atualizar a metodologia e incluir novas culturas e consórcios, bem como avaliar impactos das Mudanças Climáticas Globais sobre diferentes culturas.

Biudes (2005) indica que mesmo que tenha formado um complexo arranjo de instituições com competências agrometeorologia, o Zoneamento Agrícola só se tornou possível a partir do estágio de desenvolvimento tecnológico alcançado na década de 1990, com a ampla difusão de Tecnologias de Informação e Comunicação - TICs. Estas tecnologias embasam os estudos e pesquisas relativos ao Zoneamento Agrícola de Riscos Climáticos, por intermédio da integração de modelos de simulação de crescimento e de desenvolvimento de culturas, de bases de dados de clima e de solo, de técnicas de análise de decisão e de ferramentas de geoprocessamento (CUNHA e ASSAD, 2001).

Tendo em vista a enorme quantidade de dados meteorológicos utilizados no desenvolvimento das recomendações do zoneamento, tornava-se necessário desenvolver softwares para armazenamento e processamento de dados. Os dados meteorológicos utilizados

são continuamente fornecidos pelas instituições integrantes à rede e necessitam ser armazenados em uma base de dados apropriada, caso contrário acabam sendo perdidos, dispersos em arquivos em várias mídias.

Desta forma, após o desenvolvimento do Zoneamento Agrícola, evidenciou-se uma demanda do MAPA à equipe de pesquisadores envolvida no Zoneamento Agrícola, para a construção de uma base de dados informatizada para armazenar dados meteorológicos e acompanhar as condições meteorológicas, especialmente em relação às solicitações de coberturas de seguro rural. Esta iniciativa foi paralela ao desenvolvimento do Zoneamento Agrícola de Riscos Climáticos.

Inicialmente pensou-se em interligar os *websites* dos serviços meteorológicos estaduais ou regionais, disponíveis na Internet. Uma análise indicou ser mais adequado construir um sistema de informações, mais robusto, utilizando-se de tecnologias e ferramentas mais atuais, adequadas à Internet. Com isto, a demanda do MAPA foi atendida por intermédio de um projeto de pesquisa financiado principalmente pela Embrapa, conforme será descrito a seguir.

O Agritempo, desenvolvido em 2002, alguns anos após a iniciativa do projeto “Redução dos Riscos Climáticos na Agricultura” de 1995, veio a oferecer as condições necessárias para gerenciamento de dados agrometeorológicos para o território nacional.

3.1.2 Estrutura de projetos da Embrapa: o Sistema Embrapa de Gestão

O Agritempo foi desenvolvido por intermédio do projeto de pesquisa intitulado “**Desenvolvimento e evolução de um sistema de monitoramento agroclimatológico para o estado de São Paulo**”, submetido em 2001 a um Edital do Macroprograma 2 do Sistema Embrapa de Gestão - SEG.

O Sistema Embrapa de Gestão – SEG é um instrumento utilizado pela Embrapa para planejamento e coordenação de suas atividades de pesquisa e desenvolvimento, transferência de tecnologia, comunicação e desenvolvimento institucional (EMBRAPA, 2011).

Esta estrutura está alinhada com o Plano Diretor da Embrapa, envolvendo a promoção de redes de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação, envolvendo arranjos inter-organizacionais para

lidar com a crescente complexidade do cenário de Ciência, Tecnologia e Inovação, criando equipes multi-disciplinares relacionadas a diversas temáticas associadas ao Agronegócio.

No âmbito do SEG, a Embrapa criou a figura de um Comitê Gestor de Programação, de caráter tático, que compõe e gerencia a carteira de projetos da Embrapa, visando atender às metas estratégicas da instituição, de forma a garantir a qualidade técnica, científica e o mérito estratégico da programação. Dentre suas atribuições estão: a implementação e instrumentos de indução para compor a carteira de projetos e o estabelecimento de mecanismos para gerí-la continuamente (BAMBINI E VENDRUSCULO, 2009).

O Comitê Gestor de Programação é responsável pela gestão de vários **Macroprogramas**, que são figuras programáticas de nível tático, orientadas para a gestão de carteiras de projetos envolvendo diferentes tipos de projetos, fontes de financiamento e formas de indução específicas, visando ao cumprimento das metas técnicas da empresa. Os Macroprogramas possuem características específicas quanto à estrutura de suas equipes de projeto e de seus arranjos institucionais; têm duração indeterminada e são gerenciados por uma Comissão Técnica, liderada por um gestor.

O **Macroprograma 2** se relaciona a competitividade e sustentabilidade setorial e envolve redes com menor complexidade (EMBRAPA, 2011). Já o **Macroprograma 1**, aborda grandes desafios nacionais e envolve projetos de pesquisa e desenvolvimento de caráter transdisciplinar e multi-institucional, com abordagem estratégica e execução de arranjos institucionais complexos, além de uma aplicação intensiva de recursos financeiros e humanos. Ambos os macroprogramas envolvem o desenvolvimento de atividades de pesquisa em rede.

Esta estratégia de indução de projetos de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação em rede vem sendo seguida pela Embrapa desde fins da década de 1990 e início dos anos 2000. Desta forma, além de selecionar parceiros externos a fim de agregar competências não disponíveis na Embrapa, busca-se também a coordenação de ações promovidas entre as próprias unidades da empresa evitando a sobreposição de atividades e buscando a otimização dos recursos da empresa.

A estrutura organizacional da Embrapa é caracterizada por mais de 9.000 empregados, divididos 43 unidades de pesquisa, 14 unidades administrativas e 3 unidades de serviço cobrindo todo o território nacional. Além desta estrutura, a empresa possui laboratórios no exterior (Estados Unidos, França, Holanda, Inglaterra e Coréia do Sul) e projetos estabelecidos na África (Gana, Moçambique, Mali, Senegal) e na América do Sul (Venezuela).

A Embrapa coordena ainda o **Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária – SNPA**. Instituído em 1992, o SNPA é constituído pelas Unidades de Pesquisa e Serviço da Embrapa, pelas Organizações Estaduais de Pesquisa Agropecuária – OEPAS, por universidades e institutos de pesquisa de âmbito federal ou estadual, bem como por outras organizações, públicas e privadas, direta ou indiretamente vinculadas à atividade de pesquisa agropecuária (EMBRAPA, 2011).

Desta forma, a Embrapa acaba se caracterizando como a própria “empresa em rede” descrita por Castells (1999): uma empresa que mudou seu modelo organizacional a fim de adaptar-se às condições de imprevisibilidade geradas pelas velozes transformações econômicas e tecnológicas do contexto atual. Pode-se dizer que o conceito de rede é inerente à Embrapa, tanto em relação à sua estrutura interna quanto em relação ao estabelecimento de parcerias com diversas categorias de organismos e instituições (PORQUE, 2011). São 68 acordos de cooperação técnica envolvendo 89 instituições de 46 países.

Conforme indicado pelo Sujeito 7, *“a estratégia de promoção de redes de PD&I buscou coordenar esforços, visando tratar os problemas de pesquisa de forma multi e trans –disciplinar e organizar a solução de problemas complexos. Neste caso, as parcerias pré-existentes acabam por refletir positivamente na formação de uma rede, se houver um clima de confiança estabelecido”*.

No entanto, apesar de existir uma diretriz de atuação em rede, existem dificuldades administrativas relacionadas à dificuldade na celebração de contratos com os parceiros; às normas financeiras relacionadas a procedimentos de aquisição de equipamentos e na própria estrutura de gestão de projetos. O atual Plano Diretor da Embrapa (EMBRAPA, 2011) indica a necessidade de buscar maior flexibilidade e agilidade nas práticas gerenciais da empresa.

Apesar disso, pode-se dizer que as diretrizes da empresa favorecem a criação de redes de pesquisa, desenvolvimento e inovação, o que acabou por contribuir para a própria convergência da rede mobilizada pelo sistema Agritempo. O Sistema Embrapa de Gestão – SEG contribui para estimular o surgimento de redes e estabelecer parâmetros para sua gestão e acompanhamento.

O SEG define algumas regras de organização das equipes de projetos que devem ser seguidas tanto pelas unidades da empresa quanto pelos parceiros externos integrantes dos projetos em rede submetidos e aprovados por editais dos Macroprogramas.

Esta estrutura de organização de projetos acaba fazendo com que exista uma dominância das práticas de trabalho e estratégias de gestão criadas pela Embrapa nas atividades das redes formadas. As formas de trabalho da Embrapa acabam prevalecendo, dentre as diferentes práticas dos parceiros envolvidos, e as atividades do projeto acabam sendo executadas conforme as regras do SEG.

O próximo item descreve a Unidade de Análise e a rede mobilizada.

3.2 Unidade de análise: a rede mobilizada pelo Sistema Agritempo

O **Agritempo** é um sistema de informações de base *web* que disponibiliza gratuitamente na Internet dados, informações e produtos agrometeorológicos visando atender a diferentes públicos (produtores, cooperativas e associações, institutos de pesquisa, empresas e organismos governamentais).

O sistema permite aos usuários o acesso *on-line* de informações que lhes possibilitam conhecer previamente as condições de clima e tempo, proporcionando maior precisão e racionalidade às decisões agrícolas e reduzindo as incertezas associadas às atividades de preparo do solo, plantio, utilização de defensivos agrícolas, colheita e armazenagem de produtos, entre outras.

A Figura 3.2 apresenta a tela inicial do *website* do sistema Agritempo.



Figura 3.2: Tela inicial do Sistema de Monitoramento Agrometeorológico – Agritempo

Fonte: Agritempo (2010)

O Agritempo foi publicado na Internet em 2003 e desde então vem sendo acessado por numerosos visitantes. Durante o ano de 2009, o *website* recebeu mais de 1.000 visitas diárias. O sistema foi pioneiro no fornecimento gratuito e *on-line* de informações climáticas e agrometeorológicas para o território nacional.

Desenvolvido a partir de um projeto de pesquisa financiado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa, recebeu premiações pelo Sistema de Avaliação e Premiação por Resultados da Embrapa – SAPRE nos anos de 2004 e 2005 em função da qualidade técnica do trabalho, das parcerias firmadas e dos recursos captados¹⁸

18 2º Lugar na Premiação Nacional de Equipes 2003/2004, Categoria **Captação de Recursos**, com o Projeto Zoneamento de Riscos Agrícolas, Monitoramento Agrometeorológico e Previsão de Safras, Aperfeiçoamento e

Seu desenvolvimento e sua operacionalização foram possibilitados pela ação coordenada de vários atores heterogêneos como: instituições de pesquisa na área de agropecuária, meteorologia e informática, organismos governamentais, e usuários de diversas categorias como cooperativas e associações de produtores, empresas privadas, institutos de pesquisa, estudantes e produtores individuais.

Esta ação coordenada e iniciou em 2002 por intermédio do projeto “**Desenvolvimento e evolução de um sistema de monitoramento agroclimatológico para o estado de São Paulo**”, pertencente à carteira do Macroprograma 2 da Embrapa.

A rede formada inicialmente para o projeto tinha baixa complexidade e envolveu três instituições: a Embrapa Informática Agropecuária - CNPTIA¹⁹, a Universidade Estadual de Campinas – Unicamp por intermédio de seu Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura – Cepagri²⁰ e da Faculdade de Engenharia Agrícola - Feagri²¹, e o Instituto Agrônomo de Campinas – IAC²² por intermédio de seu Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas – CIIAgro.

O projeto foi desenvolvido com a motivação de **promover a evolução do sistema CIIAgro** desenvolvido pelo IAC. O CIIAgro oferecia mais de 20 produtos semanais (boletins, resenhas e alertas) destinados a atores do agronegócio, incluindo informações tais como: chuva, água disponível no solo, temperatura média, condições para manejo de solo e evapotranspiração potencial.

Desenvolvimento Metodológico, EMBRAPA; 1º Lugar na Premiação Nacional de Equipes **2003/200**, Categoria **Parceria**, com o Projeto Zoneamento agrícola do Brasil, análise de riscos climáticos e atualização, EMBRAPA; Ação gerencial premiada na Premiação Nacional de Equipes **2004/2005**, Categoria **Qualidade Técnica**, intitulada Agritempo – Sistema de Monitoramento Agrometeorológico.

19 Unidade descentralizada de pesquisa da Embrapa, situada em Campinas/SP, que tem por missão viabilizar soluções em tecnologia da informação para o agronegócio (EMBRAPA INFORMÁTICA, 2011).

20 Os Centros de Pesquisa da Unicamp constituem-se como braços da instituição atuando em áreas específicas. Muitos são unidades de referência internacional e alguns formulam políticas adotadas no país, como é o caso do Cepagri em relação ao Zoneamento Agrícola. Seus pesquisadores atuam em atividades de pesquisa e extensão, e também no ensino de graduação e pós-graduação através de cursos, palestras e orientações de estágios, dissertações e teses. Em termos operacionais, o Cepagri atende as necessidades da população fornecendo informações e dados meteorológicos para atender os setores de Turismo, Defesa Civil e Transportes, e também atendendo a instituições oficiais e à imprensa.

21 A Faculdade de Engenharia Agrícola foi criada em 1985; possui as seguintes áreas de pesquisa: Água e Solo, Construções Rurais e Ambiente, Máquinas Agrícolas, Planejamento e Desenvolvimento Rural Sustentável e Tecnologia de Pós-Colheita.

22 O Instituto Agrônomo de Campinas -IAC, fundado em 1887, é um instituto de pesquisa da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, com sede em Campinas, SP.

A rede de estações meteorológicas vinculada ao CIIAgro abrangia 127 estações localizadas no estado do São Paulo e envolvia a necessidade de atuação humana para atividades de registro e transmissão de dados.

A figura 3.3 descreve a rede inicial formada para o desenvolvimento do sistema Agritempo.

Desenvolvido na década de 1990, o CIIAgro possuía em 2001 uma infra-estrutura já computacionalmente obsoleta, necessitando de novos recursos para processamento de dados, suporte à coleta automatizada e gerenciamento integrado de dados, bem como sua disponibilização e difusão por intermédio de meios eletrônicos.



Figura 3.3: Rede de parceiros inicial do projeto em 2002 (Autoria própria).

Desta forma, os **objetivos** estabelecidos para o projeto de pesquisa foram:

- desenvolver um **novo sistema de monitoramento agroclimatológico** com alterações substanciais na infra-estrutura de software do CIIAgro, com o maior grau possível de automação de coleta de dados e com meios de apresentação e difusão extremamente modernos (tanto na sua formatação como no uso de instrumentos automatizados);
- desenvolver **modelos estatísticos e matemáticos**, implementados computacionalmente, visando maior precisão de análise e estimativas para o aperfeiçoamento de produtos existentes e para a geração de novos produtos;
- aplicar **técnicas de mineração de dados** (*data mining*) nos bancos de dados climáticos, visando a emissão de alertas agrometeorológicos e fitossanitários para diferentes culturas²³.

23 Esta atividade acabou não se tornando viável e não foi realizada no âmbito do projeto.

O público visado eram as Secretarias de Agricultura e Casas de Agricultura de vários municípios, as cooperativas e os agricultores, as instituições privadas do agronegócio, as instituições de pesquisa e ensino, e os meios de comunicação como jornais regionais e estaduais por intermédio do fornecimento de boletins específicos.

Em relação ao agricultor, este poderia fazer uso de informações agrometeorológicas a fim de apoiar sua tomada de decisão em diferentes fases do cultivo de diversas culturas. Os casos mais comuns referiam-se à programação de plantio ou de colheita e secagem de produtos, aplicação de defensivos agrícolas, adubos e hormônios, controle preventivo ou combate direto de geadas e instalação de equipamentos de irrigação.

Outra diretriz associada ao desenvolvimento do sistema Agritempo foi o fortalecimento e alimentação da **Rede Nacional de Agrometeorologia – RNA**, vinculada ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA, que congregava em um *website* dados oriundos de várias instituições atuando no setor meteorológico e agrometeorológico²⁴.

A RNA foi uma iniciativa precursora ao sistema Agritempo, consistindo de uma consolidação de dados meteorológicos e climáticos de várias instituições em um *website* - e não em uma rede propriamente dita, conforme indicou o Sujeito 20. Os dados disponíveis muitas vezes não eram compatíveis entre si em relação à escala e periodicidade de coleta, dificultando análises efetuadas para regiões maiores como o território nacional. No início de 2003, novas diretrizes governamentais levaram a mudanças de prioridades no MAPA que não teria mais condições de gerenciar o *website* da RNA, sendo então descontinuado.

Com a extinção deste *website*, intensificou-se a **demandas do MAPA** por uma base de dados climatológica para acompanhar as atividades de Zoneamento Agrícola. Assim, o MAPA passou também a financiar atividades de desenvolvimento e manutenção do sistema Agritempo por intermédio de convênios de cooperação técnica. Na visão de vários entrevistados (Sujeitos 3, 14 e 16), o sistema Agritempo foi uma iniciativa complementar ao projeto Zoneamento Agrícola de 1995, existindo uma inter-dependência entre estas duas ações de pesquisa.

Os projetos de pesquisa que contribuíram para o desenvolvimento e manutenção do sistema Agritempo foram:

24 O *website* operava no endereço <http://masrv54.agricultura.gov.br/rna>, não mais operacional.

- O projeto, já citado, “Desenvolvimento e evolução de um sistema de monitoramento **agroclimatológico para o estado de São Paulo**”, aprovado na carteira do Macroprograma 2 com recursos oriundos da Embrapa (Tesouro Nacional) no valor estimado de **R\$ 210.000,00**, entre os anos de 2002 e 2004;
- O Projeto “**Zoneamento de Riscos Agrícolas do Brasil, Monitoramento Agrometeorológico e Previsão de Safras: Aperfeiçoamento e Desenvolvimento Metodológico**”, iniciado em 2002, e financiado pela Finep – Financiadora de Estudos e Projetos, envolvia uma meta-física (16) relacionada ao desenvolvimento do sistema Agritempo²⁵;
- O projeto “**Zoneamento Agrícola do Brasil - Análise de Riscos Climáticos e Atualização**” aprovado pelo Macroprograma 1 da Embrapa em 2003, também desenvolveu atividades relacionadas ao Agritempo. Um de seus objetivos foi implementar um sistema de monitoramento agrometeorológico (envolvendo índices de seca, monitoramento em tempo quase-real de danos causados por fenômenos meteorológicos extremos e aconselhamento agrometeorológico) integrado ao Programa de Zoneamento Agrícola.

Em relação aos convênios de cooperação técnica firmados com órgãos do Governo Federal destacam-se:

- O **convênio de cooperação técnica** estabelecido entre a Embrapa Informática Agropecuária e o **MAPA**, na figura do INMET e da Coordenadoria de Zoneamento Agrícola, com recursos oriundos do Tesouro Nacional no valor estimado de **R\$ 200.000,00 anuais** entre 2006 e 2010 (totalizando cerca de R\$ 1.000.000,00). Este convênio envolvia atividades de manutenção e evolução do Agritempo e a instalação de dois espelhos em unidades do MAPA;
- O **convênio de cooperação técnica** estabelecido entre a Embrapa Informática Agropecuária e o **MDA**, por intermédio da Secretaria de Agricultura Familiar e do programa Seguro da Agricultura Familiar - SEAF. Visava ao desenvolvimento de

25 Os valores envolvidos não estão especificados por falta de acesso a esta informação.

melhorias nas metodologias de zoneamento agrícola e a expansão da quantidade de culturas. Parte dos recursos foram utilizados para desenvolvimento do sistema Agritempo. O montante total envolvido foi de cerca **R\$ 2.700.000,00**. Este convênio de cooperação estava associado à execução do projeto “**Zoneamento de Riscos Climáticos: abordagem para agricultura familiar, bioenergia e pastagens**”. um projeto, também desenvolvido em rede, com recursos do Macroprograma 1 da Embrapa. Ao objetivar a ampliação da quantidade de culturas zoneadas, tornou-se importante fortalecer o Sistema Agritempo por intermédio de modernos recursos proporcionados pela tecnologia de informação, como bancos de dados aplicados a diferentes tipos de informações, processamento de alto desempenho e disponibilização de informações em tempo real gratuitamente via Internet. As informações geradas no âmbito do projeto seriam armazenadas e disponibilizadas na Internet por intermédio do Agritempo.

O próximo item descreve as questões tecnológicas relacionadas ao Agritempo bem como as inovações de produto, processo e organizacionais geradas no âmbito da rede.

3.2.1 Inovações em Agrometeorologia

O projeto “**Desenvolvimento e evolução de um sistema de monitoramento agroclimatológico para o estado de São Paulo**”, que se iniciou em 2002, culminou com a publicação no sistema Agritempo na Internet em 2003, atendendo inicialmente ao estado de São Paulo.

Seu escopo foi posteriormente ampliado, de forma a abranger todos os estados brasileiros. Permitiu um grande avanço no que se refere à facilidade de acesso às informações meteorológicas e agrometeorológicas de diversos estados e municípios brasileiros (EVANGELISTA ET AL, 2003).

Em função desta ampliação, a rede formada em torno do sistema Agritempo passou a envolver cerca de 40 instituições, situadas em diversos estados brasileiros, e 1.380 estações meteorológicas ativas. Além disso, as atividades relacionadas ao desenvolvimento do sistema e seus módulos levaram a importantes **inovações** de processo e de produtos agrometeorológicos²⁶.

26 A terminologia “produtos agrometeorológicos” se refere aos mapas gerados automaticamente pelo sistema e por

O Manual de Oslo (OECD, 2005), fazendo um paralelo ao trabalho de Schumpeter (1934), estabelece algumas categorias de inovação, destacando 5 tipos principais: introdução de um **novo produto** ou mudança qualitativa em produto existente; inovação de **processo** que seja novidade para uma indústria; abertura de um **novo mercado**; desenvolvimento de novas **fontes de suprimento** de matéria-prima ou outros insumos; mudanças na **organização** industrial.

Uma **inovação tecnológica de produto** envolve a implantação e/ou comercialização de um produto com características de desempenho aprimoradas, de modo a fornecer objetivamente ao consumidor serviços novos ou aprimorados. Uma **inovação de processo tecnológico** se refere à implantação e/ou adoção de métodos de produção ou comercialização novos ou significativamente aprimorados - pode envolver mudanças de equipamento, recursos humanos, métodos de trabalho ou uma combinação dos anteriores (OECD, 2004).

A partir da categorização do Manual de Oslo, foram identificadas as principais inovações representadas pelo desenvolvimento e operacionalização do Sistema Agritempo. Considerou-se como **inovação** as mudanças (geralmente tecnológicas) relacionadas aos atributos e características de desempenho do produto como um todo, bem como as mudanças em componentes do produto que melhorem sua eficiência, incluindo a natureza dos serviços que pode realizar. Mesmo que este tipo de mudanças possa ser bastante pequena em escala, seu impacto cumulativo pode ser significativo.

Dentre as **inovações de produto**, destaca-se o oferecimento de um sistema de monitoramento meteorológico via *web* com cobertura para o território nacional, que oferece gratuitamente uma ampla gama de produtos agrometeorológicos relacionados a tempo e clima²⁷. Dentre os produtos gerados e disponibilizados estão as recomendações do Zoneamento Agrícola brasileiro e mapas de previsão do tempo e de monitoramento como risco de geadas por cultura, deficiência hídrica, necessidade de irrigação, condições de colheita, entre outras. Os produtos são oferecidos na forma de mapas e tabelas, que tornam as informações e previsões de tempo e clima mais facilmente assimiláveis pelos produtores e técnicos do governo, entre outros usuários. A característica que mais evidencia o sistema Agritempo como uma inovação mercadológica é a gratuidade no oferecimento de dados e a cobertura nacional de dados e produtos meteorológicos.

outras informações agrometeorológicas disponibilizadas no *website* do Agritempo.

27 Em 2001, já existiam produtos similares oferecidos pelo IAC, pela Embrapa Trigo, e pelo IAPAR, entre outros, porém atendiam apenas estados ou regiões do Brasil e não todo o território do país.

Outro produto inovador oferecido pelo Agritempo são as **imagens geoprocessadas do satélite NOAA**, coletadas a partir de uma antena de posse do Cepagri/ Unicamp. Estas imagens, anteriormente arquivadas em CDs, passaram a ser processadas por intermédio do software NAVPRO (desenvolvido pela Embrapa Informática Agropecuária em parceria com o Cepagri), sendo armazenadas em base de dados própria, especialmente desenvolvida para este fim, e disponibilizadas gratuitamente no *website* do Agritempo. Além disso, são oferecidos produtos específicos a partir destas imagens consistindo de informações agrometeorológicas indiretas.

A principal **inovação de processo** oferecida pelo Agritempo se refere à automação de tarefas, permitida pelo uso de TICs, tornando o sistema totalmente automático e independente de ação humana. Todo o processo de recebimento de dados, sua incorporação na base de dados, a construção de mapas ocorre automaticamente utilizando-se do *software* Surfer, sendo realizado pelo sistema sem a intervenção humana. Isto proporciona maior rapidez e precisão e oferece mais qualidade à própria base de dados uma vez que sistema efetua automaticamente alguns testes nas variáveis coletadas²⁸. Os boletins agrometeorológicos regionais e nacional também são gerados automaticamente pelo sistema.

Em relação à **abertura de mercados**, pode-se dizer que o desenvolvimento do sistema Agritempo se refletiu em um fortalecimento do setor de agrometeorologia, por intermédio do oferecimento de produtos meteorológicos específicos para o setor agrícola. Adicionalmente, a disponibilidade de dados e produtos agrometeorológicos *on-line*, estimulou o mercado de prestação de serviços em agrometeorologia, as atividades de seguro rural (reduzindo riscos e perdas), as ações de planejamento rural bem como ações de transferência de tecnologia para a agricultura.

Tendo em vista o contexto de desarticulação das várias instituições do setor meteorológico e agrometeorológico brasileiro, descritas no Capítulo 1 deste trabalho, pode-se dizer que o Agritempo conseguiu desenvolver, com sucesso, uma rede de **fornecedores de dados meteorológicos**. Além de serviços nacionais de meteorologia como o INMET e o CPTEC/ INPE, que passaram a enviar seus dados ao sistema, foram estabelecidos relacionamentos com instituições de pesquisa agrícola estaduais, com várias unidades da Embrapa, com empresas privadas, cooperativas e produtores agrícolas – todas enviando dados para uma mesma base de

28 Alguns testes realizados automaticamente são a análise se a temperatura máxima é maior do que a temperatura mínima e se a precipitação é maior do que 300mm (o que seria um valor muito alto). Outras fontes de verificação são o hidroestimador do CPTEC/ INPE e os dados do satélite TRMM que mensura chuva nos trópicos.

dados, de forma a consolidar um banco de dados com cobertura nacional.

O Agritempo representa também uma importante **inovação organizacional**.

Para o desenvolvimento e operacionalização do sistema, foi mobilizado um **arranjo físico** formado por uma rede informacional de cerca de 1.400 estações meteorológicas em território brasileiro, interligadas por uma rede de computadores e algoritmos desenvolvidos para automatizar a coleta e o processamento de dados. Uma rede física como esta envolve importantes questões relativas à logística de dados, ao seu processamento, à manutenção de equipamentos e à utilização da infra-estrutura da Internet.

Vale dizer que, a fim de cobrir a íntegra do território brasileiro, é necessária uma quantidade enorme de estações. O INMET possui cerca de 700 estações; considerada uma quantidade pequena em relação à área de nosso território nacional. Além disso, , conforme indicou o Sujeito 23, quase **60% das estações meteorológicas brasileiras estão concentradas nas regiões Sul e Sudeste** e principalmente nas capitais e em território urbano (o que não é adequado para as informações destinadas ao produtor rural). Outras questões importantes são a padronização dos dados coletados pelas várias instituições a fim de possibilitar seu armazenamento em uma base única.

Além do arranjo físico e da rede tecnológica, o Agritempo envolve **uma rede inter-organizacional complexa** formada por intermédio de parcerias visando ao compartilhamento de dados, de informação, de competências, de recursos computacionais e de recursos financeiros. Por intermédio destes relacionamentos, foi possível fortalecer a base de dados do sistema, a fim de atender o território nacional, e desenvolver de várias ações de pesquisa relacionadas a novas metodologias para zoneamento agrícola, envolvendo novas culturas e também o estudo dos impactos das mudanças climáticas globais para a agricultura.

3.2.2 Sistema Agritempo: competências necessárias ao seu desenvolvimento e processo de conversão de conhecimentos

O Agritempo - Sistema de Monitoramento Agrometeorológico, permite aos usuários o acesso, via Internet, às informações meteorológicas e agrometeorológicas de diversos municípios e estados brasileiros (Agritempo, 2010).

Pode ser caracterizado como um **sistema de informação**, tendo por principal função o processamento de dados a fim de gerar informações ou conhecimentos (TURBAN ET AL, 2005). Considerando as características dados meteorológicos, sempre vinculados a uma posição geográfica, podemos caracterizar o Agritempo também como um **Sistema de Informação Geográfica – SIG** tendo em vista que coleta, armazena, analisa e disponibiliza dados geográficos. A tecnologia relacionada aos SIGs pode ser considerada uma expansão da ciência cartográfica, visando á construção de mapas com o auxílio de técnicas computacionais (MAVI ET TUPPER, 2004).

As informações agrometeorológicas disponibilizadas pelo sistema Agritempo são extremamente relevantes para a gestão de propriedades rurais e para a tomada de decisão no âmbito de setores do governo relacionados à Agricultura. O sistema auxilia no planejamento de decisões como datas de plantio, seleção de variedades, necessidade de irrigação e aplicação de defensivos. A partir de informações oferecidas pelo sistema são alocados recursos financeiros, físicos e mão de obra impactando nos resultados da propriedade. Desta forma, o Agritempo pode ser também caracterizado como um **Sistema de Suporte à Decisão** (MAVI ET TUPPER, 2004).

O Sujeito 10 faz uma colocação interessante a respeito das informações geradas pelo Agritempo: *“No desenvolvimento do Agritempo deu-se um processo de conversão do dado climatológico em dado agrometeorológico incluindo vários fatores de interesse da agricultura associados ás condições do tempo.”*

Para desenvolver o Agritempo foi, inicialmente, formada uma rede de baixa complexidade (apenas 3 instituições) reunindo recursos físicos e competências humanas e organizacionais.

O IAC²⁹ contribuiu com sua **experiência acumulada** de 11 anos de monitoramento agroclimático através de seu sistema CIIAgro.

O Cepagri/ Unicamp mobilizou sua **experiência em agrometeorologia** aliada ao modelo de **disponibilização de dados via Internet** que já vinha aplicando por intermédio de seu *website* foi pioneiro no Brasil na divulgação *on-line* de informações meteorológicas³⁰. O Cepagri possui

29 O IAC participou da fase inicial do projeto e o estudo das funcionalidades do sistema CIIAgro foi essencial para que a equipe desenvolvedora pudesse compreender a dinâmica de um sistema meteorológico. Ocorre porém que por divergências de opinião, relacionadas a disponibilização gratuita dos dados, o IAC deixou de participar do projeto de desenvolvimento, passando a contribuir de forma mais esporádica.

30 O *website* do Cepagri/ Unicamp foi publicado em 16 de maio de 1995, apenas 15 dias após a disponibilização da Internet no Brasil (o que ocorreu em 30 de abril de 1995). Neste *website* eram publicados os produtos agrometeorológicos gerados pelo sistema CIIAGRO do IAC.

também **competências** em agroclimatologia, geotecnologias e ecofisiologia.

A **Embrapa Informática Agropecuária** contribuiu com suas **competências em tecnologia de informação** possuindo uma equipe de pesquisadores e analistas especializados em Engenharia da Computação, Análise de Sistemas e Engenharia Elétrica. A equipe de informática não possuía, porém, experiência em sistemas meteorológicos, de forma que o estudo do sistema CIIAgro do IAC foi fundamental para o processo de desenvolvimento do sistema.

Além das competências, o processo de criação de conhecimentos em Agrometeorologia envolve variadas fontes de dados, coletadas por diferentes instrumentos, vinculados a diferentes instituições. Os dados podem ser numéricos como valores de temperatura ou precipitação ou imagens de satélite, utilizadas mediante atividades de geoprocessamento.

Todos estes dados necessitam ser armazenados e serem facilmente acessíveis para que possam ser utilizados na construção de tabelas, para cálculos ou na construção de mapas. Os dados meteorológicos podem ser considerados informações espaciais: dados que podem ser relacionados a uma posição na superfície da Terra (Mavi et Tupper, 2004) relacionado-se assim a pontos, linhas, polígonos ou áreas. Estes dados podem ser armazenados, processados, analisados e mapeados utilizando-se de Sistemas de Informação Geográfica – SIGs como o Agritempo.

Assim, no caso do Agritempo, as atividades de armazenamento e processamento dos dados meteorológicos são executadas utilizando-se de **conhecimentos explícitos e tácitos** envolvendo as experiências e habilidades da equipe tanto em análise de sistemas e engenharia de computação quanto em agronomia, agrometeorologia e engenharia agrícola. Fica claro, assim, o caráter interdisciplinar da atividade de criação de conhecimentos agrometeorológicos, envolvendo interações e negociações entre profissionais oriundos de diferentes campos.

As tecnologias geradas neste processo – como um sistema de informação meteorológico – devem atender às necessidades de diferentes públicos, sejam eles produtores, técnicos da extensão rural ou do governo, empresários ou pesquisadores.

O processo de criação de conhecimento em agrometeorologia necessita de suporte computacional de *hardware* e *software* (para cálculos, processamento e armazenamento) e de uma rede de telecomunicações para intercâmbio de dados e informações e para a divulgação dos produtos gerados para os públicos de interesse.

A Figura 3.4 representa o fluxo de dados e o processamento de dados e informações no Agritempo visando à criação de novos conhecimentos na forma de produtos agrometeorológicos, estudos e pesquisas científicas.

O contexto no qual se desenvolve o processo de criação de conhecimento na rede mobilizada pelo sistema Agritempo - ambiente chamado de *Ba* por Nonaka et al (2000) - se inicia ao nível individual e se expande por comunidades de especialistas, de forma a transcender fronteiras inter-organizacionais.

A fim de exemplificar o processo de criação de conhecimento nesta rede, será efetuada a análise crítica do processo de conversão de conhecimentos ocorrido durante a fase de desenvolvimento do sistema Agritempo.

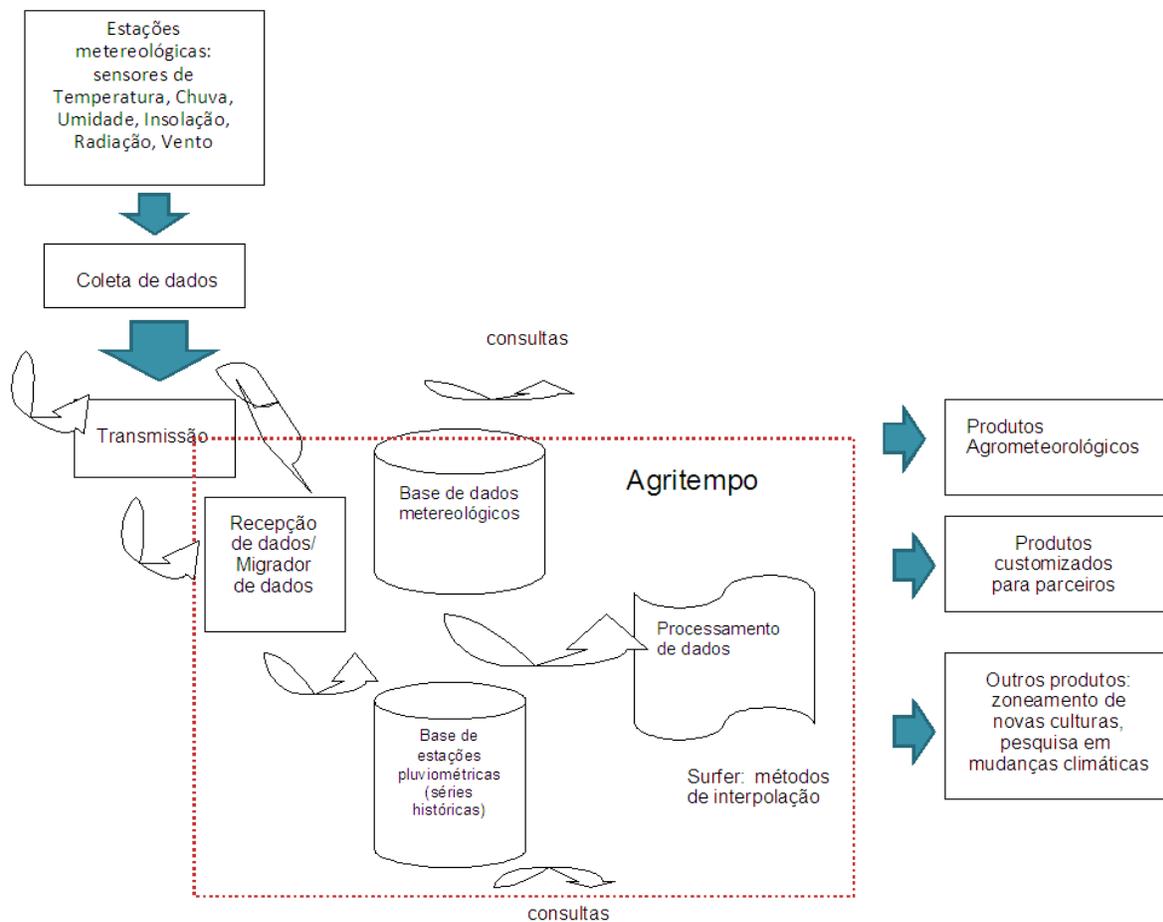


Figura 3.4 – Circulação e processamento de dados a fim de gerar informações e conhecimentos em agrometeorologia (Autoria própria)

Doraiswamy et alli (2000) destacam as áreas-chave que devem ser consideradas na elaboração da arquitetura de um sistema de informações meteorológicas são: coleta de dados, processamento de dados, controle de qualidade, armazenamento, análise de dados, geração de produtos e entrega (disponibilização aos usuários). O projeto da arquitetura de processamento de dados necessita estar alinhado às necessidades dos usuários potenciais no que se refere ao tipo de dados coletados, à frequência das observações, às fontes de dados e ao formato dos produtos a serem entregues.

Assim, para desenvolver o sistema Agritempo, foi necessário agregar as competências e capacidades de uma rede formada pelas três instituições mobilizadas inicialmente.

A Embrapa Informática Agropecuária possui uma equipe de agrometeorologistas e uma competência técnica central relacionada ao desenvolvimento de soluções em Tecnologia de Informação. O Cepagri/ Unicamp e o IAC, por sua vez, são instituições com fortes competências técnicas na área de agrometeorologia e agronomia.

O processo envolveu sucessivas interações desenvolvidas durante as atividades do projeto de pesquisa, essenciais para o desenvolvimento das funcionalidades do sistema. As atividades empreendidas foram:

- o estudo do sistema CIIAgro;
- o levantamento dos requisitos do sistema junto aos especialistas do domínio (agrometeorologistas);
- a apresentação de resultados intermediários por intermédio da elaboração de protótipos;
- a promoção de sucessivas etapas de validação, até a conclusão do sistema Agritempo 1.0.

Todas estas etapas permitiram a interação entre conhecimentos codificados e conhecimentos tácitos da equipe levando à promoção de uma espiral de conhecimento por intermédio do processo de conversão de conhecimento de Nonaka et al (2000) , descrito no Capítulo 2 desta dissertação.

A atividade de desenvolvimento de software promove **intensa circulação de conhecimentos tácitos**, na forma de experiências anteriores incorporadas à mente dos desenvolvedores. Não basta conhecer a linguagem de programação utilizada, é necessário possuir

experiência na resolução de problemas por intermédio da criação de algoritmos. A geração de softwares que tratam de problemas complexos ocorre com base na experiência prévia dos desenvolvedores e no compartilhamento desta com a equipe de desenvolvimento. A construção dos algoritmos do sistema envolveu ainda a utilização de conhecimentos codificados como indicadores baseados em teorias e equações agrometeorológicas.

O sistema Agritempo foi desenvolvido por intermédio uma **metodologia ágil** de desenvolvimento de software, no caso o *Extreme Programming* – EP (TERNES, 2002). As metodologias ágeis são mais adequadas a casos complexos, uma vez que são centradas nos indivíduos e no processo criativo, e não atividades formais nem em extensa documentação (NERUR ET AL., 2005). As metodologias ágeis baseiam-se em autonomia e cooperação; e evidenciam o papel colaborativo do líder do projeto, o que contribui para a criação de um contexto favorável à criação de novos conhecimentos.

O EP se revelou interessante para as condições vigentes: um projeto com requerimentos dinâmicos, equipe reduzida e necessidade de resultados rápidos. Este método se baseia na figura do “**cliente residente**” que participa das etapas do desenvolvimento, em conjunto com a equipe de analistas, e oferece contribuições para a definição e priorização de requisitos do sistema. Isto cria um ambiente pluralista para a tomada de decisão com a participação de equipes com formação, atitudes e disposições distintas (NERUR ET AL., 2005). O processo decisório é mais difícil neste caso, em contraponto aos métodos tradicionais em que o líder de projeto tomava todas as decisões, porém o resultado alcançado é bem mais rico.

Neste contexto, torna-se necessário desenvolver uma cultura de confiança e respeito, a fim de facilitar o processo. No caso do sistema Agritempo, a função de “cliente residente” foi exercida pelo líder do projeto, pesquisador em agrometeorologia, em conjunto com as instituições parceiras também especialistas do domínio. Os requisitos do sistema foram definidos por intermédio de ações de *brainstorming* entre a equipe desenvolvedora e o cliente residente por intermédio da apresentação de sucessivos protótipos.

Assim, durante o desenvolvimento do sistema foram empreendidas várias etapas do processo de criação de conhecimento, baseado na interação entre conhecimentos tácitos e codificados, mobilizados para a construção de protótipos do sistema.

A etapa de **socialização** envolveu a interação entre a equipe de desenvolvedores e os agrometeorologistas (especialistas do domínio) pelo emprego de uma metodologia ágil de

desenvolvimento de software com a figura do cliente-residente – especialista do domínio – e o desenvolvimento de sucessivas etapas de validação com a participação das instituições parceiras. A socialização envolve a conversão de conhecimentos tácitos da equipe em outros conhecimentos tácitos na forma de modelos mentais e conceitos que norteiam a elaboração de sucessivos protótipos.

A fase de prototipagem representa a conversão de conhecimento tácito (modelos mentais) em conhecimentos codificados, na forma de protótipos e algoritmos, configurando a etapa de **externalização**. Estes modelos mentais se referem às características, funcionalidades e interface do sistema identificados a partir do diálogo e de reflexão coletiva durante eventos de *brainstorming* e reuniões de avaliação dos protótipos envolvendo o compartilhamento de conhecimentos tácitos das equipes, seja em agrometeorologia ou em tecnologia da informação. Este processo permite que estes conceitos e os modelos mentais sejam evoluídos e sucessivamente incorporados ao sistema na forma de novas versões de protótipos até se chegar à versão final do sistema.

A etapa de **internalização** envolveu a conversão de conhecimentos explícitos para tácito por intermédio de mecanismos de aprendizado pela interação entre os conhecimentos explícitos disponibilizados pela equipe, de aprendizado pelo uso (pelo estudo do sistema CIIAgro) e pelo aprendizado pela ação (pelo desenvolvimento de protótipos). Foi possível, assim, assimilar conhecimentos explícitos na forma de uma *expertise* (conhecimento tácito) relacionada a sistemas de informação agrometeorológico. O processo envolveu vias inter-disciplinares em um intercâmbio entre conhecimentos tácitos em agrometeorologia e conhecimentos tácitos em tecnologia de informação).

O sistema Agritempo passou então a promover um **processo de combinação do conhecimento** no qual o conhecimento codificado é transformado em conhecimento explícito mais complexo e sistematizado, como os mapas de previsão do tempo e monitoramento agrometeorológico. Este processo envolve etapas de processamento de dados, cujo desenvolvimento foi possibilitado pelo desenvolvimento de modelos matemáticos e estatísticos que ao serem utilizados pelo sistema, automatizam a geração de informações agrometeorológicas, específicas e sistematizadas. Esta etapa é fortemente apoiada em TICs, permitindo a geração de conhecimentos codificados com maior grau de complexidade e sofisticação.

Outro desafio tecnológico enfrentado, em relação ao desenvolvimento do sistema Agritempo, foi a construção de sua base de dados.

Doraiswamy et alli (2000) indicam que, mesmo que a era da informação e da eletrônica tenha tornado o **gerenciamento de dados climáticos** mais fácil, ainda assim pode-se dizer que esta atividade é uma das mais **críticas** no projeto de um sistema de informação meteorológica. O estabelecimento de uma base de dados agregando dados coletados em superfície e dados remotos não é uma atividade trivial e requer uma grande capacidade de processamento e armazenamento.

A base de dados do sistema Agritempo pode armazenar os seguintes dados: temperatura máxima, temperatura mínima, chuva, umidade máxima, umidade mínima, vento, insolação, radiação - dependendo dos sensores disponíveis na estação meteorológica da instituição parceira. Os dados mínimos para recebimento são temperatura máxima, temperatura mínima e precipitação.

Na organização do banco de dados meteorológico do Agritempo, foi necessário criar um mecanismo para migração dos dados meteorológicos provenientes de diversas instituições fornecedoras para a base de dados do sistema, conforme Romani et al (2003). Como a coleta de dados podia ser efetuada de várias formas (manual, semi-automática ou automática) foi necessário estabelecer um método que fosse viável para todas as instituições visando automatizar a entrada de dados e eliminar falhas e inconsistências de dados. Buscava-se introduzir um processo de verificação dos dados disponíveis de forma, inclusive, a detectar falhas nas estações meteorológicas (como não-funcionamento, por exemplo).

Este processo envolveu a análise e estudo da estrutura de dados de cada instituição fornecedora de dados e a criação de um software conversor para cada uma delas³¹. O conversor pode ser utilizado na instituição parceira, antes do envio dos dados, ou no próprio Agritempo, após o seu recebimento, a fim de gerar dados no formato padrão do sistema Agritempo. Quando os dados meteorológicos ou agrometeorológicos estão disponibilizados no *website* de uma instituição parceira, são desenvolvidos *robots* ou *crawlers* que copiam os dados, mediante autorização da referida instituição. Os dados podem, também, ser enviados ao sistema Agritempo por uma funcionalidade de *upload* que envolve um *software* que reconhece a instituição de origem e armazena os dados no diretório correspondente.

31 O Agritempo se utiliza de dados diários porém algumas estações meteorológicas fornecem dados horários; assim é necessário efetuar uma conversão.

A Figura 3.5 apresenta a distribuição da rede de estações meteorológicas associadas ao sistema Agritempo. A fim de suprir as áreas não cobertas por estações especialmente nos estados do Norte e do Centro Oeste, criou-se um modelo de estações virtuais, descrito em Romani et al (2007).

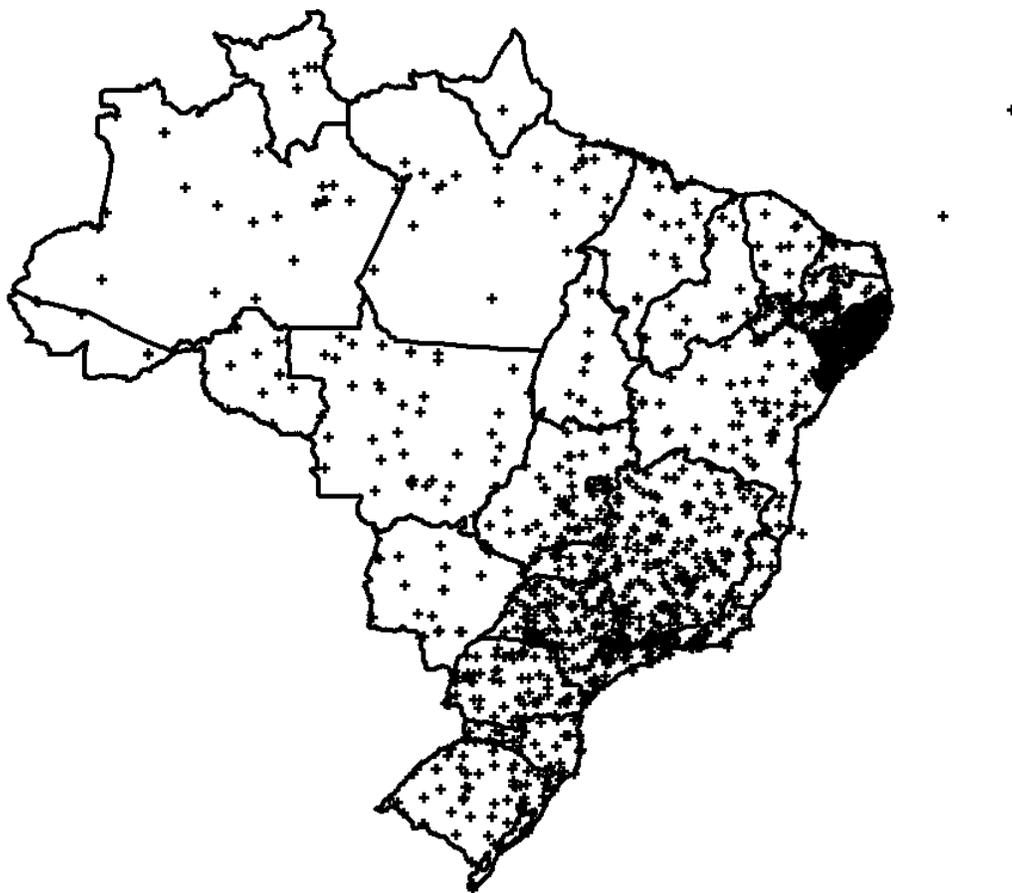


Figura 3.5 – Rede física de estações meteorológicas associada ao sistema Agritempo.

Fonte: Agritempo (2010)

Uma vez convertidos os dados para o modelo padrão, um software migrador insere os dados na base, após um processo de verificação e controle de qualidade confirmando que os intervalos de dados são válidos, como pela comparação entre temperatura máxima e mínima e pela identificação de dados faltantes ou inconsistentes. A automação das atividades de controle de qualidade é essencial, a fim de garantir a qualidade dos dados e das informações geradas e reduzir a necessidade de intervenção humana.

Para suprir os dados faltantes nos intervalos avaliados, foi elaborado um mecanismo de simulação destes dados baseado em média ponderada e o inverso quadrado da distância entre o ponto considerado e as estações vizinhas. Com isso foi possível simular dados de temperatura máxima e precipitação, sempre informando aos usuários quais são os dados simulados.

O sistema Agritempo se utiliza também de 11.325 estações de estimativa de dados de chuva a partir dos dados do satélite *Tropical Rainfall Measuring Mission* - TRMM da NASA. A iniciativa do TRMM é uma missão conjunta entre a NASA e a Agência de Exploração Espacial Japonesa – JAXA, para monitoramento e estudo das chuvas tropicais³².

Será apresentado a seguir um breve panorama das funcionalidades do sistema.

3.2.3 Funcionalidades e módulos do sistema

O Agritempo se utiliza de recursos de informática como Java™ Servlet, plataforma de banco de dados Oracle³³, *software* Surfer para geração de mapas *on-line*, e da infra-estrutura de comunicação oferecida pela Internet (EVANGELISTA ET AL, 2003).

Em 2006, o sistema passou a contar com um grid formado por 7 máquinas interligadas em rede para processamento de dados. Este sistema foi evoluído em 2008, aumentando para 33 máquinas interligadas. O grid atual possui capacidade de 5,9 terabytes de disco.

32 Mais informações podem ser obtidas em <http://trmm.gsfc.nasa.gov/>.

33 Na fase inicial o sistema se utilizava de plataforma de base de dados ORACLE, proprietária. Posteriormente foi efetuada uma conversão para a plataforma de banco de dados livre PostgreSQL. Para mais informações consulte: <http://www.postgresql.org.br/>. Acesso em: 25.out.2010.

Uma descrição detalhada das funcionalidades e módulos³⁴ do sistema Agritempo está descrita no Anexo IV deste trabalho. Estas funcionalidades serão citadas brevemente neste capítulo.

O sistema Agritempo possui dois ambientes possui um ambiente público e uma área restrita, similar a uma intranet, para acesso de usuários cadastrados utilizando-se de uma senha.

A **área pública** envolve uma interface do sistema informatizado de base *web* e está disponível para livre acesso de usuários *on-line* que podem consultar dados agrometeorológicos e informações na forma de mapas ou boletins. A **área restrita**, para acesso de usuários cadastrados, oferece funcionalidades específicas como a entrada de dados no sistema, a geração de boletins com dados das estações de sua instituição, boletins estaduais, boletins regionais e nacionais e geração de mapas e produtos customizados.

Dentre os produtos agrometeorológicos gerados pelo Agritempo são podemos citar os **boletins agrometeorológicos regionais** incluindo monitoramento e previsão climática por região do país.

Os **mapas de monitoramento**, gerados a cada 12 horas, envolvem: estiagem, estiagem agrícola, água disponível no solo, necessidade de reposição por chuva, precipitação e precipitação acumulada. Os **mapas de previsão**, também gerados de 12 em 12 horas, oferecem as seguintes informações: tratamento fitossanitário, necessidade de irrigação, evapotranspiração, temperaturas (média, mínima média, máxima média, mínima e máxima absoluta), condições para manejo do solo, condições para colheita, previsões de temperatura mínima e média, previsão de precipitação.

A Figura 3.6 ilustra a tela do sistema com mapas de monitoramento e previsão para o estado do Ceará.

Outros produtos são **boletins agrometeorológicos para as diversas regiões** do país, **boletim regional histórico**, que apresenta um quadro indicativo das disponibilidades de água no solo, **pesquisa de dados** por Estado/ estação meteorológica (na forma de tabela); **sumário**, envolvendo a análise de dados agrupados por meses ou anos, oferecendo informações sobre

34 Funcionalidades podem ser descritas como as funções que o sistema executa (elaboração de diferentes tipos de mapas, por exemplo). Os módulos são softwares aplicativos que desenvolvem ações específicas como previsão de safras e penalização de culturas, que são integrados ao sistema Agritempo (não funcionam sem ele).

temperatura máxima e mínima, precipitação e disponibilidade de água no solo e **gráficos**, gerados em função da seleção de uma cidade/ estação meteorológica, oferecendo informações sobre temperatura, precipitação e disponibilidade de água no solo.

Em relação às séries históricas de dados, dois produtos são oferecidos: **sumário de séries históricas** (tabela descritiva dos dados registrados das estações pluviométricas de um determinado Estado, em um determinado período de tempo) e **mapas de séries históricas** que permitem a visualização de dados históricos de chuva na forma de mapas.

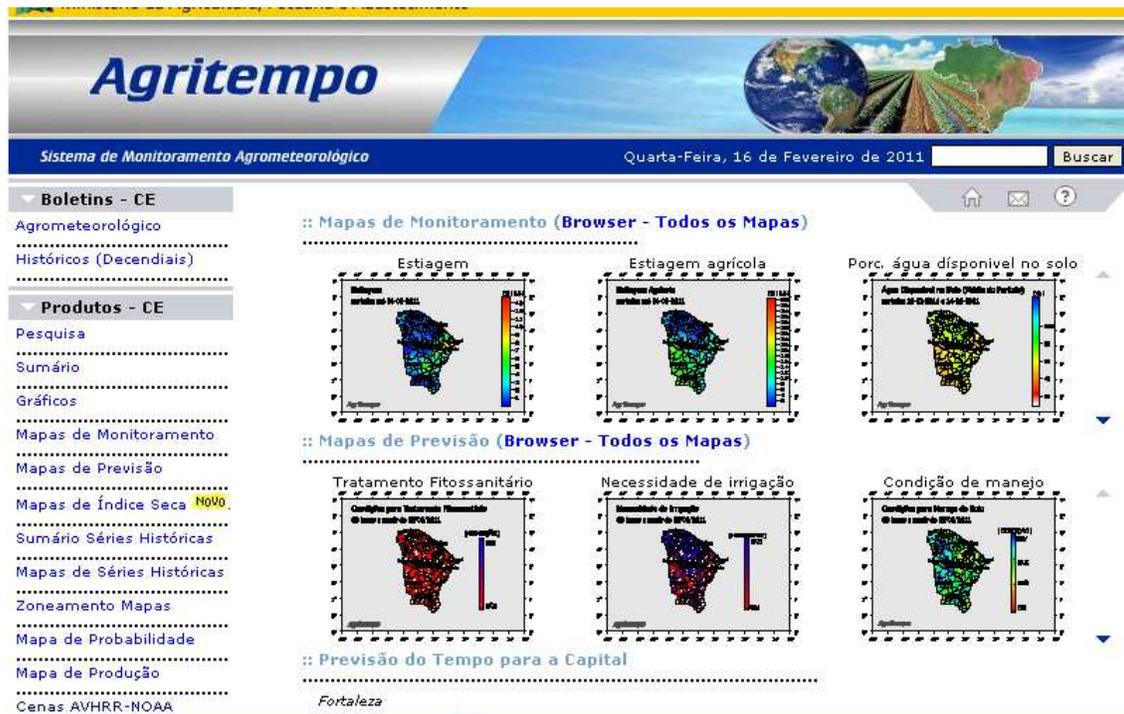


Figura 3.6: Mapas de monitoramento e previsão para o estado do Ceará. Fonte: Agritempo (2010)

O sistema disponibiliza também **mapas de probabilidade de chuvas** e **mapas de Índice de Seca** (*Standardized Precipitation Index – SPI*) que quantificam o déficit ou excesso de precipitação em função de diferentes escalas de tempo (de 5 a 30 dias e de 1 a 6 meses).

No *website* do Agritempo podem ser encontrados mapas contemplando as recomendações do **Zoneamento Agrícola** referente a cada Estado na forma de árvore hiperbólica³⁵ (destacando os municípios e as datas favoráveis de plantio para cada cultura).

O Agritempo disponibiliza gratuitamente imagens e produtos desenvolvidos a partir das **imagens de satélite *National Oceanic Atmospheric Administration- NOAA*** captadas por intermédio do sensor *Advanced Very High Resolution Radiometer – AVHRR*, por intermédio de uma antena de posse do Cepagri/ Unicamp.

Imagens de satélite e dados derivados de sensoriamento remoto podem envolver: indicações do regime de radiação, temperatura de superfície e estimativa da temperatura do ar, movimentos de vento e massas de ar, estimativas do período e área de ocorrência de chuvas, secas ou enchentes. Estas informações são, em geral, combinadas com outros produtos como umidade do solo, cobertura de vegetação (NDVI), e indicação de pestes e doenças.

A **Figura 3.7** representa produtos obtidos a partir de imagens do satélite AVHRR-NOAA.

Alguns produtos³⁶ elaborados por outras instituições são disponibilizados no *website* do Agritempo por outras instituições: como o **mapa de produção** do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – **IBGE** e os **boletins agroclimáticos** para avaliação de impactos nas culturas são disponibilizados pela Companhia Nacional de Abastecimento – **CONAB**. Além das **publicações** da equipe de pesquisa, o Agritempo oferece o **download gratuito do software WinMeteoro** versão 1.0 e do **livro “Meteorologia e Climatologia”**, importantes ferramentas importantes de divulgação científica e formação profissional em Agrometeorologia.

35 A árvore hiperbólica é um tipo de mapa conceitual para representação de informações e relacionamentos hierárquicos estabelecidos. Os componentes diminuem e aumentam de tamanho exponencialmente. Em relação à representação do Zoneamento, cada nó indica uma cultura e os sub-nós informam as portarias publicadas pelo MAPA e indicam as datas de plantio (BARADEL E ROMANI, 2007).

36 No caso do sistema Agritempo consideram-se diversas categorias de produto: funcionalidades e módulos – que são softwares integrados ao sistema Agritempo (não funcionam de forma separada) e mapas (gerados por intermédio do sistema Agritempo).

Composições AVHRR-NOAA - SP

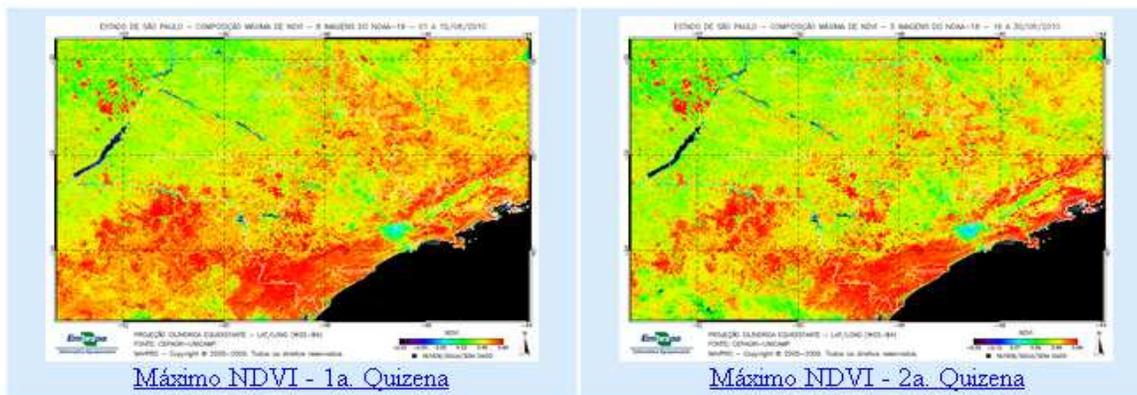


Figura 3.7 – Composição de NDVI quizenal para o estado de São Paulo. Fonte: Agritempo (2011)

Alguns produtos são oferecidos no ambiente de acesso restrito, com usuário e senha como o Módulo de **Penalização de Culturas**, que estima o efeito da deficiência hídrica sobre a produtividade de culturas e o módulo **Planilha de Outorga de Água**, destinado à Agência Nacional de Águas - ANA, que permite agilizar o processo de análise da outorga de recursos hídricos por esta Agência.

Foram desenvolvidos módulos de acesso restrito em parceria com outras instituições como: o módulo de **monitoramento e alerta da ferrugem asiática da Soja**, em parceria com a **Embrapa Soja**; e o **módulo para previsão de safra de soja**, desenvolvido de forma integrada ao projeto **Geosafras**, da **CONAB** que visa acompanhar o andamento da produção no País por intermédio da estimativa de áreas cultivadas e da produtividade de lavouras com uso de geotecnologias, a fim de interpretar fatores que determinam o rendimento da produção diante das condições climáticas.

Uma iniciativa conjunta da Embrapa Informática Agropecuária, Cepagri/ Unicamp e CPTEC/INPE resultou no *website* “**Meteorologia para Agricultura**”. Esta página apresenta diversos produtos meteorológicos e agrometeorológicos que foram desenvolvidos no CPTEC e/ou por outras instituições colaboradoras.

A Figura 3.8 mostra a seguir a página inicial do *website* Meteorologia para Agricultura.



Figura 3.8: Figura inicial do *website* Meteorologia para Agricultura (METEOROLOGIA, 2011).

Este *website* disponibiliza informações sobre o Zoneamento Agrícola oriundas do Agritempo, informações sobre Monitoramento, Produtos de Satélite, Projetos desenvolvidos, Monitoramento Agrometeorológico do Café, Previsão Climática, Previsões Meteorológicas, Informações sobre Estações do Ano, Previsão a Médio Prazo. Oferece mapas do Brasil com a previsão *ensemble* (por conjuntos³⁷), Dados do Hidroestimador, Temperatura Mínima e número de dias sem chuvas. O sistema disponibiliza ainda Avisos Agrometeorológicos, Artigos Especiais e um Sistema de Avisos e Alertas ativado quando os meteorologistas do CPTEC identificam a probabilidade de ocorrência de algum evento climático.

Outro aspecto importante para o desenvolvimento e manutenção do sistema Agritempo foi a implantação de **espelhos** do sistema (cópias do sistema e da base de dados³⁸) para acesso da Coordenadoria de Zoneamento Agrícola do MAPA, em 2006, e para o INMET em 2009. Os espelhos, apesar de aumentarem as tarefas de manutenção e atualização de bases de dados, podem ser uma boa estratégia de segurança tendo em vista localizarem-se em outras localidades

37 A previsão por conjuntos (COLTRI ET AL, 2007) tem como principal função fornecer previsão de probabilidade de chuvas acima de dez milímetros em todo o território nacional.

38 Um espelho se refere a “discos espelhados”, como se fosse um reflexo de um *hard disk* criado em outro *hard disk* como se fosse uma cópia de segurança do primeiro, copiando todas as configurações e arquivos existentes.

com base de equipamento própria. Podem ser importantes em caso de sinistros nas instalações onde se localiza o servidor principal do sistema.

Após o levantamento das funcionalidades do sistema e dos relacionamentos e das competências reunidas para o seu desenvolvimento, o próximo item analisa a dinâmica da rede inter-organizacional formada.

Como já descrito, este arranjo – que se configura como uma inovação organizacional – se iniciou com três instituições que colaboraram entre si para desenvolvimento do sistema, evoluindo posteriormente para uma rede complexa que envolve ações mais intensas de coordenação e maiores dificuldades relacionadas à comunicação e execução de tarefas.

3.3 Rede inter-organizacional mobilizada pelo sistema Agritempo

A fim de ampliar a base de dados meteorológicos do sistema, foi promovido um processo de expansão da rede de parceiros passando de uma rede de três organizações a um arranjo de mais de 40 organizações que disponibilizam os dados de suas estações de observação, recursos financeiros, competências e equipes de trabalho.

Formou-se então um intenso fluxo de dados e informações, recebidos de uma rede de observação composta por cerca de 1.380 estações ativas, e um conjunto de interações promovidas entre os pesquisadores e técnicos das organizações envolvidas.

A Figura 3.9 descreve as etapas desenvolvidas pelo sistema em relação ao processamento de dados, as instituições envolvidas (como fornecedores de dados e usuários).

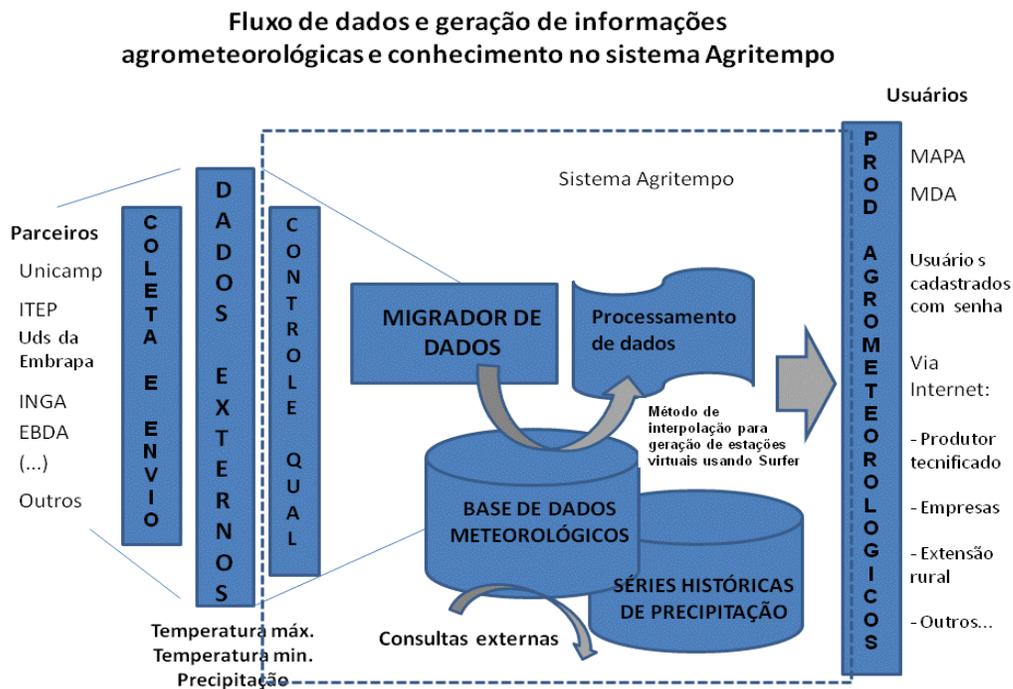


Figura 3.9: Parceiros envolvidos, etapas promovidas, fluxo de dados e usuários. Elaboração própria.

A formação desta rede envolveu o atendimento a uma demanda governamental por intermédio da associação entre vários agrometeorologistas que buscavam ampliar o escopo de suas observações acessando uma base de dados ampla, que lhes permitia desenvolver estudos e pesquisas, como as próprias recomendações do Zoneamento Agrícola.

O Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento – MAPA foi o grande motivador e financiador desta iniciativa, em conjunto com a Embrapa. Vale lembrar que a Embrapa se constitui em um organismo – uma empresa pública – vinculado ao próprio MAPA o que permitiu uma maior proximidade de relacionamento e facilitou o intercâmbio de recursos.

No entanto, apesar disto, esta relação envolve questões burocráticas como o estabelecimento de contratos de cooperação técnica a fim de regularizar o envio de recursos financeiro e também a definição de planos de trabalho relativos às ações científicas e tecnológicas a serem empreendidas.

Dentre as organizações mobilizadas pela rede de parcerias estão instituições meteorológicas como o Instituto Nacional de Meteorologia – INMET e o Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC vinculado ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, responsáveis por cerca de 80% dos dados fornecidos à base de dados do sistema Agritempo.

As Instituições estaduais de pesquisa agrícola também integraram a rede, como a Empresa de Pesquisa e Extensão Rural de Santa Catarina - Epagri, Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola - EBDA e a Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios – APTA. Estas instituições enviavam dados de suas estações meteorológicas para a base de dados do Agritempo possibilitando a geração de produtos agrometeorológicos para todo o território brasileiro.

Algumas das organizações mobilizadas pela rede do Agritempo, além de contribuir com seus **dados meteorológicos**, também desenvolviam **projetos de pesquisa** colaborativos visando ao desenvolvimento de metodologias para o zoneamento agrícola relacionadas a novas culturas; ao estudo dos riscos de climáticos afetando as culturas brasileiras. Estes projetos em rede eram, em sua maioria, liderados pela Embrapa Informática Agropecuária com recursos do Macroprograma 1 da Embrapa.

Em relação às atividades de estruturação da rede, vale ressaltar que os **relacionamentos estabelecidos anteriormente**, durante o projeto de elaboração do Zoneamento Agrícola de Riscos Climáticos, iniciado em 1995, foram extremamente importantes para a formação da rede mobilizada pelo sistema Agritempo. Estes relacionamentos formaram a base para a construção de um ambiente de **confiança e respeito**, criando um contexto favorável para o desenvolvimento de parcerias para intercâmbio de dados e desenvolvimento de trabalhos conjuntos de pesquisas - o que Nonaka et al (2000) chamariam de *Ba*.

As parcerias estabelecidas desde o projeto “Redução de Riscos Climáticos” do MAPA já vinham providas de **sinergia** e de um **estilo** comum de trabalho, o que tornava o processo decisório e o relacionamento entre os membros da equipe mais fácil e objetivo tendo em vista que os indivíduos já se conheciam e confiavam uns nos outros.

A importância destes relacionamentos fica clara nos depoimentos dos entrevistados.

O Sujeito 18 descreve *“um grupo de pesquisadores que trabalhava junto há cerca de 15 anos”*.

O sujeito 11 indica que *“existe uma história de trabalho conjunto dentro do grupo de meteorologia da Embrapa desde 1996 quando foi iniciado o projeto zoneamento agrícola patrocinado pelo MAPA. O Agritempo é uma consequência da formação desta rede”*.

Segundo o Sujeito 16: *“A parceria estabelecida com o Assad se iniciou com uma reunião promovida em um congresso de Agrometeorologia na década de 1990 com a participação de meteorologistas da Embrapa Soja, Embrapa Suínos e Aves, Embrapa Arroz e Feijão, Embrapa Milho e Sorgo e Embrapa Cerrados”*. Ele aponta ainda: *“Era um grupo unido, forte, conquistado pela confiança”*.

O Sujeito 3 destaca: *“os conhecimentos anteriores entre os membros da equipe vinham de trabalhos de pesquisa anteriores, publicação de artigos em congressos da área, de avaliações de trabalhos como revisor. A partir daí foram se estabelecendo relações pessoais, baseadas em confiança. Mesmo quando havia divergências, a resolução se dava com respeito”*. Ele adiciona *“as ações já eram em rede: os indivíduos se conheciam e interagiram em pesquisas anteriores”*.

O Sujeito 5 descreve *“um grupo que já vem trabalhando junto há muito tempo; já se conhecem; estão acostumados a trabalhar juntos; há confiança”*.

De maneira geral, considera-se que o estabelecimento de atividades em rede a partir de relacionamentos estabelecidos previamente, é positivo e contribui para o sucesso das atividades conjuntas.

Em relação às informações agrometeorológicas, segundo o Sujeito 6, agrometeorologista:

“Antes do Agritempo os dados agrometeorológicos estavam represados, assim como as imagens de satélite. A sociedade necessitava delas e são dados públicos, gerados por instituições públicas que deveriam ser disponibilizadas para o público”.

Segundo ele, existia uma necessidade, uma demanda, e a sociedade não tinha acesso aos dados coletados por instituições públicas – que poderiam ser considerados dados públicos.

Buscava-se, com o projeto, a democratização do acesso aos dados meteorológicos. A filosofia que imperava na rede mobilizada pelo Agritempo era de que o dado obtido com recurso público (por universidades, instituições de pesquisa ou outras instituição públicas) necessitava ser disponibilizado gratuitamente aos cidadãos a fim de gerar benefícios sociais oriundos da

utilização destes dados e produtos agrometeorológicos em atividades de planejamento, de defesa, e etc.

Considerando o dado e a informação meteorológica como um bem público podemos remeter a OECD (2004) em relação à definição de um bem público: aqueles cujos custos de torná-lo disponível a muitos usuários são baixos em comparação com os custos de seu desenvolvimento e que, uma vez disseminados, não se pode negar novos acessos aos usuários. Estas características, que descrevem bem a questão dos dados e informações meteorológicas, segundo a teoria econômica, se revelam como fonte de dois problemas para os inovadores privados. Este paradigma faz com que o retorno social seja muito mais alto do que o privado. Além disso, muitas vezes torna-se impossível apropriar os dados meteorológicos – nem sempre há uma forma de associar o dado ao seu gerador/ proprietário, que não consegue capturar os lucros oriundos dos benefícios gerados.

Seguindo esta premissa, OECD (2004) indica que, onde o conhecimento (ou a informação) tiver características de bem público, haverá uma falha nas forças de mercado, desmotivando o investimento privado em inovação. Isto faz com que as políticas de Ciência e Tecnologia acabem sendo concebidas para compensar as falhas de mercado, como a falta de incentivo ao investimento privado e os custos de risco e transações. As principais ferramentas utilizadas têm sido o financiamento direto de pesquisas pelos governos, especialmente pesquisa básica (sendo Governo visto como o principal provedor de bens públicos).

Fato é que, no setor meteorológico, tem sido promovidas várias iniciativas governamentais no sentido de fortalecer e evoluir as instituições atuando neste campo, tanto no que se refere a equipamentos de coleta e medição quanto ao investimento em supercomputadores para elaborações de previsão do tempo. Considerando o alto investimento necessário à aquisição de tecnologias, este acaba sendo efetuado por fontes governamentais, existindo poucas organizações privadas que ofereçam serviços em meteorologia, como a Somar e a Climatempo (descritas no Capítulo 1), o que fazem com recursos bem inferiores ao investimento público.

No entanto, tanto o compartilhamento dos dados próprios quanto sua divulgação gratuita na Internet foram alvo de discussões entre os parceiros desta rede, destacando-se o IAC e o INMET, instituições que tinham por prática vender dados meteorológicos como forma de angariar recursos para a instituição. O IAC acabou se distanciando desta iniciativa por não concordar em

disponibilizar seus dados com outras instituições e nem em veiculá-los pela Internet, configurando um conflito relacionado à coordenação da rede. O INMET, por sua vez, após algum tempo, acabou integrando sua base de dados e sua rede de observação à rede mobilizada pelo Agritempo.

Sendo a Internet um veículo relativamente novo em 2002, naquela época, não se tinha muita clareza em relação ao modelo de negócios a ser implementado para disponibilização dos dados; pensava-se inclusive na possibilidade de cobrança de uma assinatura aos usuários. No entanto, chegou-se à conclusão de que a melhor alternativa seria a disponibilização gratuita de dados e produtos agrometeorológicos.

Assim, a inclusão de novos parceiros nesta rede inter-organizacional foi promovida inicialmente com o objetivo de aumentar a base de dados do sistema a fim de alcançar uma cobertura nacional. Quem possuía dados meteorológicos e/ou estações de coleta de dados era considerado um parceiro em potencial.

O estabelecimento de uma parceria envolvia um contato inicial que podia ser promovido pela equipe do Agritempo ou pela própria instituição que desejava integrar a rede.

A partir deste contato com o parceiro potencial, um pesquisador (membro da equipe do Agritempo) entrava em contato o setor de apoio da Embrapa Informática Agropecuária, responsável pela elaboração de contratos.

O objetivo era, sempre que possível, formalizar a parceria por intermédio de um convênio de cooperação técnica que regulava o intercâmbio de dados entre as organizações e sua disponibilização gratuita na Internet. A fim de garantir que as instituições parceiras estivessem de acordo com esta prática de disponibilização gratuita dos dados buscava-se a assinatura de um instrumento contratual, que também assegurava o envio contínuo dos dados em caso de mudanças na administração da instituição parceira.

No que se refere aos **aspectos tecnológicos**, uma vez firmada a parceria, o desenvolvedor do sistema entrava em contato com o parceiro a fim de conhecer sua **estrutura de dados**: tipo de estações meteorológicas, formato de saída de dados e meios de armazenamento.

A partir do conhecimento da estrutura de dados do parceiro, o desenvolvedor da área de TI, elaborava um programa de conversão de dados visando, na medida do possível, automatizar o fluxo de dados do parceiro para a base de dados do Agritempo.

Esta iniciativa de conversão de dados pretendia criar todas as condições para que o parceiro se beneficiasse da parceria a um custo mínimo. Como benefício (contrapartida), cada parceiro passava a ter acesso não só aos seus dados mas também aos de todos os parceiros e o processo de transmissão de dados era operacionalizado pela equipe desenvolvedora, sem ônus. Alguns parceiros, tiveram, como forma de incentivo à parceria, produtos específicos desenvolvidos pela equipe da Embrapa Informática Agropecuária, como a Planilha de Outorga de Água da Agência Nacional de Águas – ANA (SANTOS ET AL, 2003).

As categorias de instituições integrantes da rede de parceiros, seja por via informal ou formal (contratual), estão descritas abaixo.

Uma relação detalhada de todas as instituições mobilizadas encontra-se no Anexo V.

As instituições **coordenadoras** desta rede, responsáveis pelo efetivo desenvolvimento do sistema e pela construção e manutenção da sua base de dados são a **Embrapa Informática Agropecuária – CNPTIA**, e o **Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas aplicadas à Agricultura – Cepagri** da Universidade Estadual de Campinas – Unicamp.

A Embrapa Informática Agropecuária construiu suas instalações no Campus desta Universidade (por intermédio de um contrato de comodato) ao lado da Faculdade de Engenharia Agrícola da Unicamp. O Cepagri, por sua vez, está instalado em uma ala do prédio da Embrapa Informática Agropecuária. Desta forma, existe uma próxima convivência entre os pesquisadores do Cepagri e os funcionários da Embrapa. - seja em trabalhos conjuntos de pesquisa ou em eventos promovidos em espaços comuns.

Em termos científicos, os pesquisadores do Cepagri ministram disciplinas de pós-graduação na Faculdade de Engenharia Agrícola da Unicamp e orientam dissertações, teses e pós-doutorados. Pesquisadores da Embrapa Informática Agropecuária e de outras Unidades de Pesquisa da Embrapa foram seus alunos e desenvolveram seus trabalhos de pós-graduação orientados por pesquisadores do Cepagri.

Além disso, há um intercâmbio institucional relacionado à participação de membros do Cepagri e/ou da Unicamp em Comitês Externos da Embrapa e vice-versa.

Desta forma, existe uma **forte sinergia** entre estas instituições e muita confluência na linha de pesquisa seguida pelo Cepagri/ Unicamp e pela equipe da Embrapa Informática Agropecuária. Em relação ao sistema Agritempo, ambas as instituições tiveram papel ativo no seu

desenvolvimento, participando do levantamento de requisitos, da prototipagem, do desenvolvimento da arquitetura do sistema, da geração de algoritmos e códigos, da criação da base de dados, e de sua publicação do sistema na Internet.

Adicionalmente a isto, estas instituições coordenaram o processo de expansão da rede inter-organizacional mobilizada com o intuito de criar uma base de dados com cobertura para todo o território brasileiro.

Outra influência importante para a atuação da rede é o ambiente institucional da Embrapa. Como já foi dito no item 3.2.2, as práticas de gestão da Embrapa – enquanto instituição financiadora – acabaram por imperar na rede formada para o projeto de pesquisa do Macroprograma 2. No processo de expansão, foram mobilizadas várias Unidades de Pesquisa da Embrapa (cerca de 10) que passaram a representar mais de um quarto da rede mobilizada pelo Agritempo. Ou seja, uma grande quantidade de organizações mobilizadas por esta rede possui uma cultura de trabalho comum envolvendo práticas de organização das equipes de pesquisa, sistemas de informação próprios, rede de comunicação e os mesmos objetivos estratégicos (discriminados no Plano Diretor da Embrapa). Assim, acabaram por moldar as práticas desenvolvidas na rede, contribuindo para seu alinhamento e sua convergência.

Muitas das **Unidades Descentralizadas de Pesquisa da Embrapa mobilizadas** já haviam estabelecido relações com a Embrapa Informática Agropecuária e com o Cepagri/ Unicamp desde o projeto de “Redução de Riscos Climáticos” de 1995. Outras passaram a integrar a rede a partir do desenvolvimento do Agritempo, seja em busca de dados agrometeorológicos ou de parcerias em pesquisa ou apenas para contribuir com a base de dados. As principais atividades desenvolvidas pelas Unidades da Embrapa são intercâmbio de dados, desenvolvimento de projetos de pesquisa conjuntos ou uso de dados do sistema Agritempo. Vale ressaltar que muitas tiveram papel essencial no fortalecimento da base de dados seja com dados próprios ou intermediando o fornecimento de dados de seus parceiros.

Várias entidades vinculadas ao **Governo Federal** fazem parte desta rede com variadas participações. As agências nacionais como a ANA e a ANEEL fornecem dados meteorológicos de sua rede de observações. As instituições meteorológicas, como o INMET e o CPTEC/INPE, fornecem seus dados meteorológicos e também dados de previsão do tempo. Além disso, estas instituições desenvolvem algumas ações de cooperação técnica com a Embrapa Informática Agropecuária e o Cepagri/Unicamp, relacionadas ao sistema Agritempo. A CONAB desenvolveu

um projeto de previsão de safras em parceria com organizações da rede. O MAPA e o MDA, por sua vez, são importantes financiadores das atividades operacionais e demandantes de pesquisas desenvolvidas pela rede.

As parcerias com **instituições estaduais de pesquisa agropecuária** como o IAC/APTA, o IAPAR e a EPAGRI foram formadas na década de 1990, com o desenvolvimento do projeto “Redução de Riscos Climáticos” e de vários projetos conjuntos relacionados a metodologias de zoneamento agrícola de diversas culturas. A CEMIG integrou a rede a partir de uma mediação da Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas (MG), e fornece dados meteorológicos relativos ao estado de Minas Gerais. A parceria com a EBDA foi iniciada em 2005 e envolve o intercâmbio de dados relativos ao estado da Bahia, coletados em parceria com o INGÁ que elabora boletins agrometeorológicos com auxílio do Agritempo.

Algumas organizações parceiros são **secretarias** e organismos vinculados a governos estaduais. Em grande maioria, atuam como fornecedores de dados meteorológicos. Algumas delas como o ITEP e o SIMEPAR, além fornecer dados dos estados de Pernambuco e Paraná, respectivamente, atuam em projetos de pesquisa conjuntos. A SEDAM e a SEPLAN fornecem dados relativos aos estados de Rondônia e Sergipe. O INGA passou a integrar a rede mediado pela EBDA e fornece dados meteorológicos para a Bahia.

Dentre as **universidades públicas** que integram a rede, a Unicamp possui um estreito relacionamento com toda a rede de parceiros pelo desenvolvimento de ações de pesquisa conjuntas, pelo fornecimento de dados de suas estações e de imagens de satélite por intermédio de uma antena do Cepagri. A UNESP e a USP participam fornecendo dados de suas estações, que são coletados de seu *website* utilizando-se de *robots*. A USP, por meio da ESALQ, participa também de ações em parceria com a equipe do Agritempo.

Algumas **empresas privadas** integram esta rede. Algumas, como a Bayer, fornecem dados meteorológicos por intermédio de contatos efetuados por parceiros da rede. A SOMAR Meteorologia fornece não só dados meteorológicos mas também os dados de previsões, que são divulgadas no *website* do Agritempo.

O Servicio Nacional de Hidrologia e Meteorologia del Peru - SENAMHI³⁹ é uma instituição estrangeira interessada em implantar um sistema como o Agritempo no Peru. Está

39 Para mais informações, <http://www.senamhi.gob.pe/> .

sendo formalizado um **acordo de cooperação internacional** visando compartilhar a experiência da Embrapa Informática Agropecuária em relação a riscos climáticos e sistema de monitoramento meteorológico, visando à construção de uma plataforma *web* de monitoramento climático para acesso dos agricultores peruanos.

Este **processo de expansão** gerou um arranjo de grande **complexidade** representado pelo intercâmbio de vários tipos de dados, como valores numéricos de variáveis (enviados por estações meteorológicas) e imagens de satélite, captadas por sensor. Além disso, a coordenação da ação conjunta de todas estas instituições tanto do ponto de vista da integração tecnológica (em relação ao fluxo de dados e seu processamento) tanto do ponto de vista organizacional envolve também alto grau de complexidade.

Neste contexto, diferentes competências foram reunidas, em várias disciplinas e em várias atividades específicas. Os profissionais envolvidos **intercambiaram seus conhecimentos tácitos**, representativos de suas experiências prévias, e também conhecimentos codificados, disponíveis em artigos, livros e manuais. Os integrantes da rede, além da motivação em gerar um sistema de monitoramento, possuíam um rol de **diversificados de interesses**, práticas e regras de trabalho. Cada instituição ou indivíduo envolvido desenvolveu uma ou mais atividades, seja fornecendo dados, criando novos conhecimentos, gerando tecnologias ou simplesmente se utilizando dos dados disponibilizados na Internet.

No próximo item será promovida a análise da morfologia da rede formada, com base no conceito de Rede Tecno-Econômica desenvolvido por Callon (1991;1992), de forma a evidenciar sua estrutura, os produtos gerados e as formas de coordenação empregadas.

3.3.1 Dinâmica da Rede Tecno-Econômica mobilizada pelo Sistema Agritempo

O processo de desenvolvimento e operacionalização do sistema Agritempo envolveu a formação de uma **rede heterogênea** formada por institutos públicos de pesquisa, universidades, organismos financiadores, organismos governamentais, usuários (produtores rurais, cooperativas, associações).

Os atores relacionados no item anterior tiveram participação em atividades relacionadas às etapas de concepção e desenvolvimento do sistema, de consolidação da base de dados, e da

publicação do sistema, desenvolvidas colaborativamente. Este processo vem possibilitando **transações (gratuitas)** de dados e informações agrometeorológicas pela Internet.

Além disso, a publicação dos dados *on-line* contribuiu para a geração de vários *spin-offs* – caracterizados como produtos de pesquisa gerados a partir da base do sistema Agritempo - na forma de resultados de projetos de pesquisa e estudos. Os atores mobilizados contribuíram também para a evolução do sistema.

Desta forma podemos caracterizar a rede mobilizada pelo sistema Agritempo como uma **Rede Tecno-Econômica – RTE** (CALLON,1991;1992).

Por intermédio da análise da dinâmica desta Rede Tecno-Econômica, é possível acompanhar também a dinâmica do processo inovativo ocorrendo na rede. A análise da morfologia da rede, por sua vez, envolve os pólos formados, a circulação de intermediários, os relacionamentos estabelecidos, as estratégias de coordenação empregadas.

A Figura 3.10 representa a Rede Tecno-Econômica mobilizada pelo sistema Agritempo. Nota-se um papel central da Embrapa Informática Agropecuária e do Cepagri/ Unicamp, que, de certa forma imprimem uma **coordenação institucional** relacionada à evolução desta rede uma vez que lideram grande parte das iniciativas de pesquisa e controlam a base de dados do sistema promovendo as ações de processamento e geração de produtos agrometeorológicos.

Nas RTEs, numerosas interações organizam as relações estabelecidas entre as atividades de pesquisa, desenvolvimento e mercado. Assim, a configuração de uma rede varia em função da identidade dos atores que a compõem, formando três grandes pólos: **científico, tecnológico e mercado**, descritos no Capítulo 2 desta dissertação.

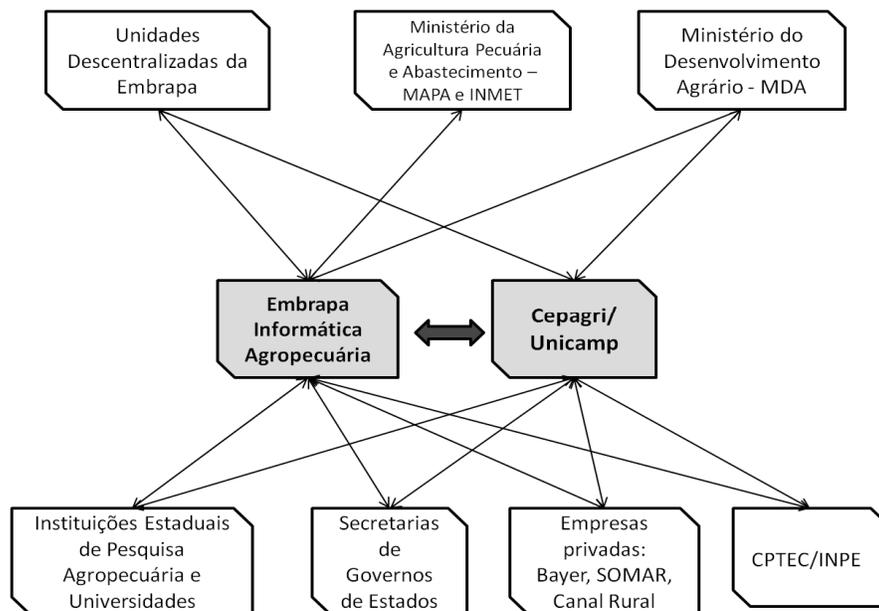


Figura 3.10 – Relacionamentos estabelecidos na Rede Tecno- Econômica, centralizados pela Embrapa Informática Agropecuária e o Cepagri/ Unicamp (Autoria própria).

Apesar de descrever esta divisão em pólos específicos, Callon et al (1995) apontam que esta repartição não é assim tão definida – uma divisão estrita reduziria a possibilidade de interações e inovações.

Nesta rede existe uma forte estruturação entre os **pólos científico e tecnológico** tendo em vista a grande participação de Instituições de Pesquisa Científica (Unidades de Pesquisa da Embrapa, Universidades, Institutos de Pesquisa Estaduais e Nacionais) do lado científico e de vários serviços operacionais de Meteorologia de âmbito estadual (Bahia, Rondônia, São Paulo, Sergipe), de instituições como a CEMIG, a ANA, e a ANEEL e de serviços privados como a SOMAR, do lado tecnológico.

Existe um sobreamento na execução das atividades tecnológicas: o próprio desenvolvimento do sistema Agritempo (um **artefato tecnológico** de bases científicas) foi efetuado por instituições do pólo científico: a Embrapa Informática Agropecuária e o Cepagri/ Unicamp. Mas, além de tecnologias, ambas as instituições geraram vários artigos científicos e estudos a partir do sistema e seus dados, constituindo-se em **conhecimento certificado** que caracteriza o pólo científico.

A Figura 3.11 mostra uma representação dos pólos da Rede Tecno-Econômica mobilizada pelo sistema Agritempo.

O Agritempo, enquanto tecnologia, envolve uma forte base científica, empregando modernas tecnologias de informação e comunicação associadas a uma ampla base de conhecimentos codificados e tácitos relacionada a agrometeorologia. Esta característica confirma a forte confluência entre os pólos científico e o tecnológico.

As Unidades Descentralizadas da Embrapa, em grande maioria, pertencem ao pólo científico, uma vez que utilizam-se dos dados e pesquisas para gerar estudos e pesquisas na forma de conhecimento certificado. A Unicamp também pertence ao pólo científico em conjunto com empresas estaduais de pesquisa agropecuária como a EPAGRI, a FEPAGRO, a APTA e o IAPAR.

A SOMAR Meteorologia – empresa privada - pode ser considerada uma integrante do pólo tecnológico uma vez que fornece dados de sua rede e seus produtos tecnológicos associados à previsão do tempo. Conforme dito anteriormente, os serviços operacionais de Meteorologia estaduais (Bahia, Rondônia, São Paulo, Sergipe), a CEMIG, e agências como a ANA, e a ANEEL também integram o pólo tecnológico.

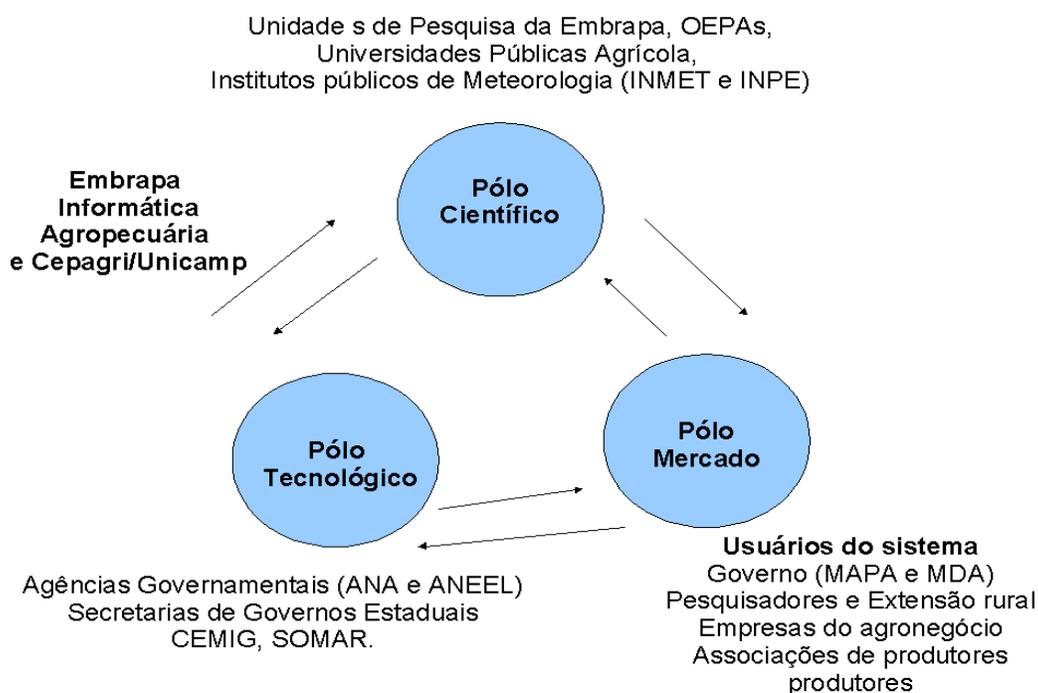


Figura 3.11 – Pólos científico, tecnológico e mercado da rede mobilizada pelo sistema Agritempo

(Autoria própria).

O pólo mercado da RTE mobilizada pelo sistema Agritempo envolve várias categorias de atores com diferentes necessidades, mas que fazem uso do sistema Agritempo seja consultando dados brutos ou produtos agrometeorológicos:

- agrônomos e técnicos agrícolas, produtores e associações, buscando conhecer as condições meteorológicas a fim de programar as atividades da propriedade;
- em relação ao uso do Agritempo no nível da propriedade, considerando os baixos índices de difusão de TICs no meio rural (atualmente), em geral, esta ferramenta acaba sendo mais usada pelos produtores mais tecnificados;
- rede de Extensão Rural visando apoiar os agricultores;
- instituições meteorológicas que fornecem dados como o INMET e o CPTEC/INPE;
- secretarias de Governo estaduais e universidades públicas que fornecem dados de suas estações;
- empresas privadas que consultam dados do sistema (podem também integrar o pólo tecnológico fornecendo dados meteorológicos e dados de previsão do tempo);
- pesquisadores de instituições públicas ou privadas necessitando de dados e informações agrometeorológicas (estes usuários podem também integrar os pólos científico e tecnológico da rede);
- técnicos governamentais visando elaborar políticas públicas, fundamentar atividades técnicas ou planejar atividades de assistência ao produtor rural.

A Figura 3.12 representa o pólo mercado desta rede, considerando as várias categorias de atores envolvidos bem como os ambientes público e restrito do sistema Agritempo e os diferentes produtos que podem ser acessados pelos usuários.

A figura evidencia as diferentes instituições e atividades a ela associadas como as atividades de coleta, recepção, transformação e geração de produtos efetuada pela Embrapa Informática Agropecuária e o Cepagri/Unicamp e as consultas que podem ser efetuadas pelos diferentes usuários.

Esta figura evidencia que o modelo de interações e estrutura de comunicações do sistema Agritempo se baseia no modelo “**um para todos**”, conforme Lévy (2000), no qual um dispositivo de mídia (*website*) atinge comunidades com um grande número de indivíduos que

recebem as mesmas mensagens e partilham do mesmo contexto. As comunidades, neste caso, seriam caso os usuários que acessam o sistema via Internet (sem senha).

As interações do Agritempo tem pouco do modelo **“todos para todos”** que envolve interações mais intensas a nível individual e coletivo, representado principalmente pelo contexto da Internet. Os produtos disponibilizados para usuários com acesso restrito apresentam um caráter individualizado.

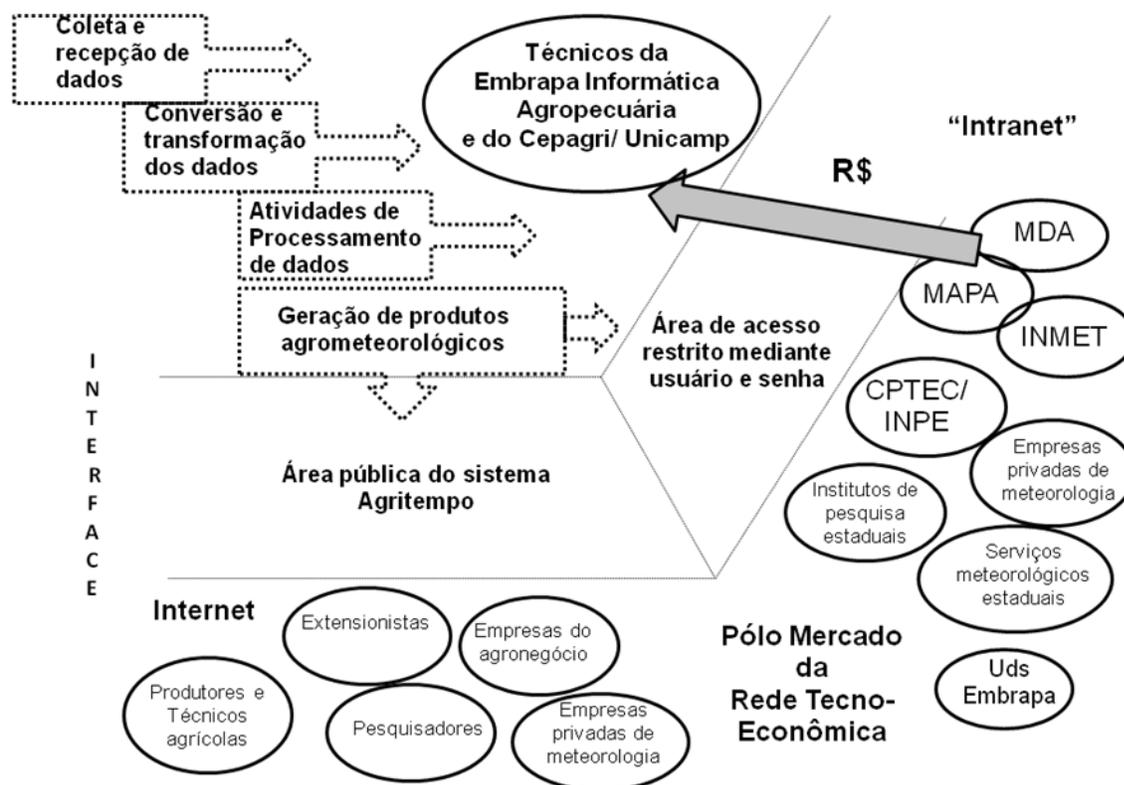


Figura 3.12 – Pólo mercado: atores envolvidos, produtos consultados e fluxos monetários estabelecidos (Autoria própria).

Verifica-se nesta rede, **uma forte inter-relação entre o pólo mercado e o pólo científico** tendo em vista que usuários do sistema, como o MAPA e o MDA, comunicam suas demandas diretamente ao pólo científico, financiando projetos de cooperação técnica destinados a atender suas demandas.

Porém, o Agritempo ainda necessita aperfeiçoar seu modelo de comunicação pois oferece apenas uma parcela de reciprocidade e interação entre os usuários e a equipe de operacionalização. Usuários cadastrados interagem com a equipe do Agritempo, usuários internautas tem reduzidas oportunidades de interação individual entre si (entre usuários) e com a equipe operacional do sistema. Existe apenas um *link* de contato que não possibilita envios de anexos ou conhecer o *e-mail* da equipe de atendimento. Esta seria também uma forma de interação entre os pólos científico e tecnológico e o mercado.

Em relação às demandas governamentais, podemos citar as atividades desenvolvidas no Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento – MAPA e no Ministério do Desenvolvimento Agrário - MDA.

A **Coordenadoria de Zoneamento Agrícola do MAPA** se utiliza do Agritempo para acessar dados agrometeorológicos como um balizamento para as atividades de desenvolvimento do Zoneamento Agrícola, operacionalizado por uma empresa terceirizada.

A Coordenadoria utiliza ainda o sistema para responder a eventuais demandas de municípios não atendidos pelo Zoneamento, indicando as razões pelas quais isto ocorreu (temperaturas muito elevadas para uma determinada cultura, por exemplo).

Outro uso do sistema se refere à análise técnica de pedidos de indenização do seguro rural indeferidos, em fase de recurso. O seguro agrícola oferecido no âmbito do PROAGRO é analisado pela CER – Comissão Especial de Recursos. Quando um mutuário tem seu pedido de indenização indeferido e entra com recurso, este é analisado pela CER, que julga a questão; o Agritempo se torna uma ferramenta importante para efetuar uma análise em bases técnicas, sem necessidade de recorrer a visitas em campo; ou a coletas de dados meteorológicos na região afetada. O sistema permite checar as informações relatadas, como data, local, período de plantio, evento climático descrito, avaliando, sem grandes custos, o clima do município e verificar a procedência técnica dos recursos recebidos.

Além disso, por concentrar informações de grande número de atores, o sistema permite o desenvolvimento de estudos e pesquisas a fim de avaliar o impacto do clima para diferentes culturas e/ou diferentes regiões, mensurando eventuais perdas ou incrementos de produção, contribuindo para o planejamento agrícola brasileiro e para o estabelecimento de políticas públicas. O grande valor agregado está no fato de se extrair informações “tratadas” - que passam

por um controle de qualidade – bastante importantes no acompanhamento do clima e sua relação com as culturas agrícolas. Várias Unidades de Pesquisa da Embrapa, o Cepagri/Unicamp, e algumas instituições estaduais de pesquisa desenvolvem estudos sobre esta temática com dados do Agritempo.

A área de **Gestão de Riscos e Seguro Agrícola, da Secretaria de Agricultura Familiar vinculada ao MDA** desenvolve atividades relacionadas com segurança da produção, assistência técnica, zoneamento agrícola, ou seja, atividades relacionadas aos riscos da produção agrícola. Estas atividades incluem o acompanhamento nas lavouras para vistoria de perdas (sinistralidades) por intermédio de uma rede de vistoria associada às agências bancárias e a supervisão dos processos de seguro junto à rede de vistoria (em caso de perdas efetivas).

Quando uma perda é comunicada, um supervisor do MDA, pode utilizar-se do Agritempo para analisar as condições climáticas e efetuar uma visita ao agricultor, já de posse de informações relativas aos eventos climáticos ocorridos naquela localidade. Assim, é possível identificar se a situação relatada realmente ocorreu e, caso se comprove a perda, o procedimento de indenização é seguido.

Outra ação é o monitoramento agrometeorológico por intermédio do Agritempo a fim de analisar os impactos do clima na agricultura para orientar o produtor e garantir a segurança da sua produção. A possibilidade de conhecer os efeitos climáticos previstos (como chuvas, secas ou geadas) auxilia no planejamento da própria Coordenadoria em relação à distribuição de equipes e ações a serem executadas em determinado período.

Além disso, a Coordenadoria financia o desenvolvimento do zoneamento de novas culturas que possam atender aos pequenos produtores e promover o desenvolvimento regional. Além disso, busca-se a ampliação da rede de estações meteorológicas associadas a este processo.

O item seguinte analisa os intermediários gerados no âmbito desta Rede Tecno-Econômica.

3.3.2 Intermediários gerados pela rede

Os intermediários oferecem um conteúdo material aos relacionamentos que estabelecem. Podem ser documentos escritos (como artigos, relatórios e patentes), competências incorporadas aos indivíduos envolvidos, objetos técnicos como protótipos e tecnologias variadas, dinheiro e

também intercâmbios informais que são reveladores das formas de coordenação empregadas.

Por intermédio de pesquisa documental, cujos resultados estão descritos no Anexo I, e a realização de entrevistas, cujos roteiros estão descritos no Anexo II, foi efetuado o mapeamento de grande parte dos intermediários gerados por esta rede. As funcionalidades e módulos do sistema – que podem ser considerados intermediários híbridos desta rede, estão descritas no Anexo IV.

Além disso, a análise de um artefato – um intermediário como o sistema Agritempo - permite a interpretação da RTE a ele associada, considerando as várias decisões tecnológicas, econômicas e sociais tomadas durante as fases de planejamento e execução do projeto. Assim, a análise das funcionalidades do sistema Agritempo, efetuada em item anterior, é uma etapa na interpretação da RTE mobilizada por ele.

Os intermediários podem ser descritos como produtos econômicos da rede.

A relação de intermediários está descrita no Quadro 3.1.

Mapeamento das Categorias de Intermediários	Pólos e Atores Mobilizados
Artigos científicos Textos ou inscrições literárias Arquivos e relatórios de projetos (ver no Anexo I, documentos de trabalho e publicações)	Pólo Científico Embrapa Informática Agropecuária, Cepagri/Unicamp Outras Uds da Embrapa
Artefatos técnicos Módulos do sistema para automatizar tarefas (protótipos, <i>softwares</i> para conversores, migrador, gerar mapas, outros módulos)	Pólo Científico e Pólo Tecnológico outras organizações fornecedoras de dados
Humanos e suas competências Saberes, <i>know-how</i> : competências em Agrometeorologia e Agronomia, competências e <i>know-how</i> em Análise de Sistemas e Engenharia de Computação	Pólo científico e Pólo Tecnológico Embrapa Informática Agropecuária, Cepagri/Unicamp, Outras Uds da Embrapa, MAPA, INMET
Moeda sob suas diferentes formas Dinheiro (financiamento de projetos de pesquisa)	Pólo Mercado EMBRAPA, MAPA, MDA
Formas Híbridas Áreas pública e de acesso restrito do sistema Agritempo (envolvendo interface de consulta e bases de dados)	Pólo Científico e Pólo Tecnológico Embrapa Informática Agropecuária, Cepagri/Unicamp Outras Uds da Embrapa, INPE, CONAB

Quadro 3.1: Categorias de intermediários da rede analisada (Adaptado de Callon, 1991).

3.3.3 Durabilidade do arranjo formado: irreversibilização e geração de *spin-offs*

A durabilidade do arranjo organizacional ou RTE que mantém o Agritempo funcionando de 2002 a 2010 pode ser explicada pelo conteúdo das relações heterogêneas estabelecidas entre os atores, envolvendo o intercâmbio, produção e circulação de intermediários como competências, informação, recursos financeiros e regras de ação (conforme o quadro acima).

A **irreversibilização** é um indicador da morfologia de uma RTE, envolvendo os conceitos durabilidade e robustez. Se refere ao desenvolvimento de resistência a assaltos permanentes de traduções concorrentes: ou seja, de outros entendimento e percepções da rede. É atingida pelos intermediários que operam as tradições e dependem dos atores envolvidos. Uma rede irreversível é formada por vários tipos de padrões, como um sistema codificado de informações.

O Agritempo, por intermédio de sua estrutura de dados e seus processos estabelecidos de coleta e migração de dados bem como de disponibilização destes dados, não deixa de ser um sistema normativo de atuação – codificando formas de interação por intermédio de um sistema de informação *web*.

A longa duração da operação do sistema Agritempo é um sinônimo do alto nível de irreversibilização desta rede, associado ao desenvolvimento de vários projetos consequentes, suportados pelo sistema, sempre no sentido de reforçar suas funcionalidades e linha de ação promovendo uma estratégia de continuidade.

A força destes relacionamentos pode ser explicada pelas **alianças e parcerias** estabelecidas desde os anos 1990, para elaboração do Zoneamento Agrícola. Seguindo o raciocínio de Callon (1991), podemos dizer que uma RTE pode ser associada a várias outras, com os quais ele troca intermediários que atravessam suas fronteiras. A rede se pontualiza em outras redes de cuja dinâmica também participa.

Assim, a rede mobilizada em torno do Agritempo está extremamente ligada à rede formada em 1995 para desenvolvimento do Zoneamento - nota-se que muitos dos indivíduos entrevistados muitas vezes não diferenciam uma rede da outra, considerando a rede mobilizada pelo sistema Agritempo como uma continuação da ação desenvolvida para o Zoneamento Agrícola em 1995.

Adicionalmente, outras Redes Tecno-Econômicas foram formadas após o desenvolvimento do Agritempo, relacionando-se com esta rede seja por utilizarem-se dos dados da base do sistema,

de competências dos membros de sua equipe, de artigos ou estudos publicados.

Alguns projetos de pesquisa, listados abaixo, foram desenvolvidos após 2003 a fim de gerar estudos científicos com a participação de alguns integrantes da rede mobilizada pelo Agritempo. Muitas vezes estes projetos mobilizavam recursos financeiros e pessoal (na forma de estagiários e bolsistas) para desenvolvimento de módulos específicos e para atualização do sistema Agritempo a fim de executar novas tarefas. A maioria destes projetos envolveu redes com alto grau de complexidade e foram financiados pela Embrapa. O último deles foi financiado pela Embaixada Britânica.

Estes projetos envolvem ações de indivíduos do pólo científico da rede mobilizada pelo sistema Agritempo associados a outras Redes Tecno-Econômicas que surgiram depois:

- **2003:** “Zoneamento de Riscos Agrícolas do Brasil, Monitoramento Agrometeorológico e Previsão de Safras: Aperfeiçoamento e Desenvolvimento Metodológico”, financiado pela FINEP;
- **2003:** “Zoneamento Agrícola do Brasil- Análise de Riscos Climáticos e Atualização”, aprovado pelo Macroprograma 1 da Embrapa;
- **2006:** “Zoneamento de Riscos Climáticos: abordagem para agricultura familiar, bioenergia e pastagens”, aprovado pelo Macroprograma 1 da Embrapa;
- **2006:** “Zoneamento e Modelagem Aplicados aos Sistemas de Produção da Cana-de-Açúcar”, aprovado pelo Macroprograma 1 da Embrapa;
- **2008:** “Desenvolvimento de alternativas para adaptação e mitigação de impactos das mudanças climáticas globais”, aprovado pelo Macroprograma 1 da Embrapa.
- **2008:** publicado o estudo “Aquecimento Global e Produção Agrícola no Brasil” financiado pela Embaixada Britânica. Desenvolvido pela Embrapa Informática Agropecuária em parceria com o Cepagri e Feagri/ Unicamp, o CPTEC/INPE, a Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável - FBDS, Faculdade de Economia e Administração/USP, o estudo utilizou-se da base de dados do Agritempo e de modelos de zoneamento agrícola aplicados aos cenários divulgados pelo IPCC, o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas.

Revelam-se, assim, **várias Redes Tecno-Econômicas** que se possuem várias interseções e algum sobreposição – com as mesmas equipes participando de diferentes projetos e desenvolvendo atividades complementares.

A **estrutura das equipes** de pesquisa é função dos relacionamentos estabelecidos anteriormente e das competências demandadas em cada projeto tendo em vista a especialidade dos pesquisadores em diferentes culturas e/ou regiões. Desta forma, a estrutura das RTEs mobilizadas pelos diferentes projetos nomeados é **variável** envolvendo, porém, sempre parte das organizações e indivíduos mobilizados pelo pólo científico da rede do sistema Agritempo.

Estes projetos poderiam ser considerados de *spin-offs* da RTE mobilizada pelo Agritempo, uma vez que utilizando-se sua base computacional, dos dados armazenados e do rol de competências desenvolvidas pela equipe.

Podemos considerar que *spin offs*, segundo conceituação de Furtado e Hasegawa (2006), correspondem a resultados indiretos de um programa de pesquisa envolvendo todos os produtos e tipos de produtos não previstos nas metas iniciais da pesquisa como novas tecnologias, mudanças organizacionais e iniciativas subsequentes de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação - PD&I com um escopo diferente ou ampliado. Estes resultados podem estar relacionados à mesma atividade que gerou o programa, desde que escapem ao escopo inicial.

Desta forma, estas RTEs decorrentes da iniciativa do sistema Agritempo, desenvolvem uma trajetória comum e acabam por reforçar as atividades do próprio sistema que se consolida enquanto tecnologia, utilizada para o desenvolvimento de várias ações de pesquisas, para apoiar atividades governamentais, para apoiar decisões de produtores, consultores e de associações de classe.

3.3.4 Análise da morfologia da rede

É possível associar a análise da dinâmica de uma Rede Tecno-Econômica, por intermédio de sua morfologia, ao processo inovativo engendrado por ela.

As análises de morfologia envolvem o estudo da composição de uma RTE, envolvendo as categorias de atores que dela fazem parte e as formas de coordenação estabelecidas.

Dois indicadores utilizados para analisar a morfologia da RTE são **completude** e **encadeamento**.

A completude da rede se refere à presença dos três pólos científico, tecnológico e mercado. No caso da RTE estudada, existe uma forte confluência entre os pólos científico e tecnológicos com algumas organizações (como a Embrapa Informática Agropecuária e o Cepagri/Unicamp) integrando os dois pólos com o desenvolvimento de um artefato tecnológico com fortes bases científicas. O pólos científico está fortemente representado pelas várias Unidades de Pesquisa da Embrapa, Universidades e Institutos Estaduais de Pesquisa.

O pólo mercado está representado fortemente pelos usuários governamentais, por institutos de pesquisa em agrometeorologia e por usuários internautas como cooperativas, agricultores e empresas de extensão. Existe uma forte interação entre o pólo mercado – usuários governamentais – e o pólo científico que recebe demandas e financiamento pra executá-las.

Os usuários internautas do pólo mercado poderiam usufruir de mais oportunidades de interação com os pólos tecnológicos e científico, pela exposição de demandas, dúvidas e sugestões por intermédio de um *e-mail* para contato ou da formação de comunidades de usuários. Além disso poderiam ser desenvolvidas ações de difusão visando atingir os pequenos produtores menos tecnificados – seja via extensão rural ou via cooperativas.

O **encadeamento** da rede se refere à presença das diferentes categorias de atores e consequentemente dos pólos científico, tecnológico e mercado. Assim, pelas análises efetuadas em relação à rede mobilizada pelo Agritempo, podemos dizer que as três categorias de pólos estão presentes nesta rede, representados pelos vários atores já elencados anteriormente. Existem **relacionamentos** entre os três pólos sendo os mais intensos **entre o pólo científico e tecnológico** e entre o **pólo científico e o pólo mercado** – evidenciando a dominância do pólo científico nesta rede.

Em relação ao **comprimento** da rede, esta possui atividades encadeadas iniciando-se com a pesquisa fundamental (em relação às características de culturas agrícolas e a influência do clima sobre elas), à pesquisa aplicada, ao desenvolvimento de tecnologias e ao atendimento das demandas dos usuários finais. É uma rede relativamente longa.

Em relação à **dominância**, a rede possui um caráter de polarização, fortalecida em direção ao pólo científico, que efetivamente domina a rede formada. Conforme já descrito anteriormente, o pólo tecnológico está bem afinado com o pólo científico tendo em vista a grande quantidade de

instituições de pesquisa integrando a rede (muitas delas pertencendo à estrutura da Embrapa ou do SNPA) associadas a outras, de cunho mais tecnológico, como os serviços de meteorologia estaduais. Neste caso há uma linguagem comum associada à meteorologia ou agrometeorologia que favorece as comunicações entre o pólo científico e tecnológico.

Neste cenário, duas organizações possuem presença marcante - a Embrapa Informática Agropecuária e o Cepagri/ Unicamp - que lideram grande parte das iniciativas de projetos e desenvolvimento, gerando conjuntamente vários intermediários científicos e tecnológicos. Podemos dizer que estas instituições, desenvolvedoras do sistema, detêm um papel de **coordenação institucional** da rede.

Outro indicador utilizado para analisar a morfologia da RTE é a **integração** ou **convergência**, composta por suas duas dimensões: **alinhamento** e **coordenação**.

Um caso limite é a rede dispersa, na qual as relações entre os atores, seja em um dado pólo ou entre pólos, possuem baixa densidade e as operações de tradução entre os pólos são problemáticas. O **alinhamento**, por sua vez, se refere ao nível de concordância nas traduções efetuadas.

As entrevistas e os demais elementos levantados sobre o funcionamento do Agritempo por intermédio desta dissertação indicam que, de maneira geral, a RTE possui alto nível de alinhamento. Vários entrevistados indicaram possuir uma habilidade para mobilizar facilmente os outros atores para resolver problemas técnicos e trocar informações, revelando um considerável grau de concordância das traduções efetuadas.

Assim, apesar da coordenação efetuada pela Embrapa Informática Agropecuária e pelo Cepagri/ Unicamp, são promovidas interações, ainda que em menor intensidade, entre as outras organizações integrantes desta RTE. O conjunto das interações promovidas leva à geração de novos intermediários e estabelece um fluxo de informações que coordenam e integram as atividades heterogêneas desenvolvidas na RTE.

A **coordenação** se refere às formas de regulação que codificam as traduções, envolvendo um regime de convenções. Vale ressaltar que esta rede foi a primeira a promover uma ação colaborativa envolvendo muitas organizações do setor meteorológico e agrometeorológico, cooperando para o desenvolvimento do sistema Agritempo e de sua base de dados, permitindo que os dados, antes dispersos, fossem agrupados em um só lugar. Esta rede teve, desde o seu início, uma visão macro, propondo-se a coletar dados para uma grande região e depois para o

país.

Para que isto fosse possível, foi necessário que as instituições-líderes (Embrapa Informática Agropecuária e o Cepagri/ Unicamp) promovessem uma complexa ação de coordenação inter-institucional, visando ao compartilhamento e armazenamento centralizado de dados meteorológicos com o intuito de criar uma base de dados com cobertura nacional.

O resultado das entrevistas evidencia a coexistência de várias modalidades de coordenação nesta rede heterogênea. Seguindo a abordagem de Callon (1991), várias formas de coordenação podem ser identificadas em RTES, como mercado, organização, confiança e reconhecimento. Cada uma destas formas envolve um conjunto específico de convenções que definem regimes de tradução e categorias específicas de intermediários que suportam estas traduções. Neste caso, uma rede tecno-econômica seria então um híbrido, um arranjo de diferentes formas de coordenação.

Uma importante fonte de coordenação está associada à figura do **líder** do projeto de pesquisa. Conforme descrito no Capítulo 2 desta dissertação, a liderança possui um papel vital em estimular os processos e atividades de inovação nas firmas e também nas ações em rede. A liderança atua como facilitadora no processo de criação de conhecimento, provendo condições adequadas para que ele se desenvolva, tanto no que se refere aos recursos físicos e materiais quanto em energizar este processo gerando motivação e estímulos positivos (Nonaka et al, 2000; Oke et al, 2009).

Vários entrevistados comentaram a importância das competências e habilidades do líder em motivar e integrar a equipe – citando especialmente as ações desenvolvidas na década de 1990 pelo Sr. Rossetti (MAPA), Dr. Assad (Embrapa) e Prof. Hilton (Cepagri/Unicamp).

Foi destacado também nas entrevistas que a atuação da liderança deve ser diferente dependendo do estágio em que o projeto ou a pesquisa se encontra.

Uma ação nova e desafiante necessita de um líder visionário, empreendedor e integrador da nova equipe que se forma: um líder **transformacional**. Durante a execução do projeto, por outro lado, torna-se necessário cobrar resultados, promover o fluxo de informações entre as equipes e executar ações de acompanhamento do andamento das ações: um líder **transacional** - seguindo os conceitos de Oke et al (2009) cada uma destas etapas envolve diferentes tipos de liderança.

Vários entrevistados indicam o sucesso nas atividades de liderança como uma forte contribuição para o sucesso do projeto, senão a mais importante delas.

Alguns comentários enaltecem as **características transformacionais** da liderança:

O Sujeito 11 afirma que *“esta rede é resultado de uma capacidade de liderança exercida pelo Dr. Eduardo Assad, com o papel de aglutinar e de provocar um chamamento para a formação de uma rede de agrometeorologia, promovendo reuniões de trabalho para distribuir tarefas. As tarefas acabavam sendo distribuídas em função da competência, especificidade e missão de cada centro de pesquisa ou equipe da Embrapa, buscando também complementaridades em parcerias externas”*.

O Sujeito 16 complementa: *“o coordenador de tudo sempre foi o Assad, auxiliando a intercambiar informações. Ele é o ponto-chave e o motivador do grupo. Um visionário, sempre estimulando o grupo”*.

Outros enfatizam a importância das **características transacionais** da liderança:

Segundo o Sujeito 18: *“o Assad é o nosso líder, que conseguiu organizar e formatar a rede”*.

O Sujeito 3 esclarece que *“existia no grupo liderança e objetivos bem definidos e se trabalhava com respeito, buscando um bom relacionamento entre todos, apesar de eventuais divergências”*.

O Sujeito 5 destaca que *“para dar certo (um projeto em rede) é necessário alguém que agregue o grupo, um líder, um coordenador que possua reputação e liderança técnica e prover os recursos físicos para o desenvolvimento de atividades (equipamentos, infra-estrutura de redes, etc)”*.

Foram identificadas as seguintes **competências da liderança** do projeto/ rede pelos indivíduos entrevistados: a capacidade integradora do líder, sua reputação e competência técnica, sua competência no atendimento às necessidades de infra-estrutura (individuais) e para a motivação do grupo. Adicionalmente, foram citadas capacidades transacionais associadas ao acompanhamento de atividades, a promoção de *workshops* para avaliação de resultados, a cobrança pelos resultados dos membros da equipe.

É importante que os líderes estabeleçam um **contexto adequado**, chamado *Ba*, fazendo uso de ambientes e relacionamentos gerados espontaneamente e também criando condições para que novos ambientes sejam formados, motivando a interação da equipe, sua integração e energização promovendo *Bas* efetivos.

Oke et al (2009) mencionam a influência do contexto organizacional envolvido para a atuação da liderança. Existe uma importante influência institucional associada à cultura empresarial e às práticas de gestão da Embrapa. Sendo a Embrapa uma importante financiadora do desenvolvimento do sistema Agritempo, verifica-se a influência da estrutura organizacional da empresa - em particular as convenções do Sistema Embrapa de Gestão – SEG na liderança desta ação em rede.

A Embrapa possui o importante papel de instituição financiadora associado a uma forte representação na rede, tendo em vista que cerca de um quarto das organizações que a integram são Unidades de Pesquisa da Embrapa e que a Embrapa Informática Agropecuária é uma das líderes institucionais da iniciativa relativa ao desenvolvimento do sistema Agritempo. Assim, estas características acabam por levar a uma normatização das práticas e convenções da rede baseada nas práticas da Embrapa.

Uma forte influência é a estrutura dos projetos de pesquisa do SEG baseada na estruturação de projetos componentes – vinculados ao projeto principal - que possuem vários planos de ação, dentro dos quais são estabelecidas atividades. Os indivíduos, por sua vez, podem ter as seguintes atribuições: responsáveis por atividade, líderes de plano de ação, líderes de projeto componentes ou líder do projeto como um todo. Assim, no caso da rede mobilizada pelo sistema Agritempo, todos os atores que fossem membros do projeto financiado pela Embrapa (funcionários ou não da empresa) necessitam obedecer à estrutura hierárquica estabelecida pelo projeto. Com isso suas práticas de trabalho acabam sendo influenciadas pelas regras ditadas pela Embrapa. Desta forma, a estrutura institucional da Embrapa tem uma influência significativa nas práticas desta rede, de forma a uniformizá-las por um movimento de aproximação às práticas de trabalho da Embrapa.

Para o sucesso de um projeto de pesquisa em rede um dos principais aspectos é sua **estrutura de gestão**. É praxe na Embrapa organizar os projetos por intermédio de um projeto componente de gestão formado por um Comitê Gestor que inclui todos os líderes de Projetos Componentes a fim de facilitar a comunicação entre as equipes, a gestão de recursos físicos e o acompanhamento de resultados. Busca-se assim uma liderança compartilhada, visando reduzir as chances de uma liderança centralizadora ou impositora. No entanto, esta estrutura cria uma hierarquia na interação entre os membros da equipe: o indivíduo responsável por atividade se comunica com o líder de plano de ação, que se reporta ao líder de projeto componente que integra o Comitê Gestor do projeto.

Em relação à estrutura da rede, ao mesmo tempo em que existe flexibilidade em interagir e comunicar-se com outros membros da equipe, há uma hierarquia gerencial e administrativa envolvendo de prestação de contas, demonstração de resultados obtidos e publicações – que representam práticas da Embrapa.

Ao entrevistar empregados da Embrapa atuando como responsáveis por carteiras de projetos (Macroprogramas) fica evidente o papel primordial do líder nesta superestrutura de gestão de projetos e redes. Dentre as principais atribuições de um líder de projetos, segundo Embrapa (2011), temos: implementar ações para **integração das equipes**, de forma a garantir a interatividade necessária para articular, implementar e acompanhar os planos de ação previstos nos projetos e para alcançar os resultados esperados; **mobilizar** as equipes de pesquisa para elaboração dos relatórios técnicos, devendo criticá-los, consolidá-los e submetê-los às instâncias de acompanhamento e avaliação, de acordo com formatos e calendários fixados pelos Macroprogramas; **avaliar** o andamento do trabalho das equipes e acordar reprogramações técnicas e financeiras, bem como decidir pelo cancelamento de planos de ação e atividades previstos no projeto, quando pertinentes; cuidar para que os **relatórios dos projetos** apresentem, de maneira clara, as metas previstas para o período e seu grau de consecução, bem como relatar, com clareza, os resultados de pesquisa obtidos no período.

A figura do líder é crítica, pois grande parte do sucesso de uma rede depende de sua atuação. Deve ter um perfil pró-ativo, de forma a conquistar as pessoas e coordenar as atividades, com senso da responsabilidade, de forma a conectar as pessoas. No caso dos projetos do Macroprograma 1, que envolve redes complexas, é necessária intensa dedicação do líder tendo em vista a complexidade da rede e a grande quantidade de tarefas gerenciais, que contribuem para sobrecarregar o líder.

Os entrevistados apontam que o sucesso da rede está vinculado à uma capacidade de liderança bem sucedida, tanto na iniciativa de aglutinar os atores para a formação da rede, promover reuniões de trabalho e distribuir atividades em função das competências de cada indivíduo, sua região e experiência em alguma cultura. As competências não disponíveis na Embrapa foram complementadas através das parceiras externas.

Em relação ao ambiente da Embrapa, percebe-se assim que as habilidades de liderança são valorizadas pela organização no que se refere à estrutura de projetos do SEG.

Em relação à questão institucional, um dos entrevistados destaca a necessidade de institucionalizar a liderança: “não dá para acabar um projeto quando o líder se aposenta. Você pode ensinar a um líder como a “máquina institucional” funciona mas não dá para ensinar a liderar. É necessário focar a busca dos resultados como motivação para a equipe”. O entrevistado relaciona o sucesso da liderança ao comprometimento do líder, que faz o projeto funcionar.

O Sujeito 7, gestor de Macroprograma, indicou que “a figura do líder de projeto é crítica; e grande parte do sucesso de uma rede depende de sua atuação. Deve ter um perfil pró-ativo, de forma a conquistar as pessoas, pegar as rédeas e coordenar a iniciativa”.

Apesar desta super-valorização de liderança, o sistema de recompensas da Embrapa, vinculado ao Setor de Gestão de Pessoas necessita ser adaptado a fim de premiar o indivíduo pelos resultados obtidos em sua função de sua liderança e não apenas por indicadores científicos relacionados a publicações em periódicos. Este seria um grande fator motivador para o desenvolvimento de novas lideranças.

Em resumo, pode-se dizer que existe uma **influência institucional da Embrapa** nas convenções e práticas desta rede, envolvendo uma forma normatizada de gestão de projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação que interfere nas interações e formas de comunicação entre os atores envolvidos, no fluxo de informação e conhecimento na rede e na geração de intermediários.

Outra forma de coordenação estabelecida foram os **contratos formais**, celebrados entre a Embrapa Informática Agropecuária e o Cepagri/Unicamp e os outros parceiros da rede, estabelecendo ações de cooperação técnica associados ao intercâmbio de dados e sua disponibilização gratuita na Internet. Outros contratos de cooperação técnica estabelecidos com o MAPA e o MDA envolviam intercâmbio de recursos financeiros associados à manutenção do sistema, sua evolução e o desenvolvimento de ações de pesquisa e de tecnologias (novos módulos do sistema).

O Sujeito 3 destaca a importância do contrato como ferramenta de coordenação e governança.

“A estratégia de celebrar contratos serve de confiança para ambas as partes. Tanto para que não faltem dados ao sistema como para dar segurança a quem fornece, de que o dado será utilizado. Visa profissionalizar a ação e dar mais legitimidade. Havia casos com acordos informais que funcionavam, sem problemas”.

No caso dos contratos envolvendo intercâmbio de dados, a motivação para o estabelecimento de contratos foi a incerteza – fator considerado pela Economia dos Custos de Transação (WILLIAMSON, 1985) – envolvendo a garantia do fornecimento contínuo de dados. Acreditava-se que uma mudança na diretoria de uma instituição parceira poderia ameaçar o envio dos dados tendo em vista que esta poderia estabelecer novas diretrizes para a distribuição de dados meteorológicos. Outra questão relacionada aos contratos era garantir a anuência da organização parceira em disponibilizar gratuitamente seus dados na Internet. O receio era comprometer a base de dados do sistema gerada por esta incerteza relacionada ao fornecimento de dados. Até o momento nenhum dos contratos necessitou ser acionado.

Para selecionar as estruturas contratuais mais adequadas a cada tipo de transação/ parceria, foi necessário estabelecer uma análise dos processos decisórios e das estruturas de governança das organizações envolvidas no contrato, a fim de efetuar uma análise de custo da celebração do contrato em função do benefício esperado. Apesar da burocracia na sua implementação, os contratos revelaram-se um instrumento importante para oferecer segurança ao processo. Em outros casos, nos quais a celebração do contrato envolvia muitos processos burocráticos e a quantidade de dados intercambiado era relativamente pequena, o **acordo verbal** foi a estratégia selecionada para intercâmbio de dados, até hoje operacional. A existência de relações de confiança (descritas a seguir) é algo que viabiliza a celebração de acordos verbais, tendo em vista que existe confiança das partes de que este acordo será cumprido.

Assim, as **relações de confiança** estabelecidas entre os atores integrantes da rede correspondem a outra forma de coordenação atuante nesta RTE. Os relacionamentos estabelecidos na década de 1990, durante a execução do projeto para desenvolvimento do Zoneamento Agrícola de Riscos Climáticos, geraram um ambiente de confiança e reciprocidade, com práticas próprias de trabalho, que tornou o fluxo de informações mais fácil e as interações mais efetivas. Segundo Powell (1990) a governança baseada em confiança ocorre em contextos

sociais que favorecem a cooperação e a solidariedade, bem como um senso de reciprocidade. Nestes casos, os arranjos envolvem relações de troca de longo prazo, existindo pouca necessidade de formalização.

O estabelecimento de novas interações foi influenciado pelos **colégios invisíveis** de Crane (1969) ao descrever os relacionamentos estabelecidos entre cientistas. Bolsistas e estagiários que atuaram no desenvolvimento do Agritempo foram alunos de pesquisadores da equipe. Além disso, novos pesquisadores atuando em áreas correlatas passaram a integrar a rede em função da demanda por suas competências. Este movimento ocorreu especialmente no pólo científico da RTE, estimulando a criação de uma comunidade de especialistas.

A **morfologia da rede**, caracterizada como completa e encadeada, contribui positivamente para a sua coordenação. As fortes interações entre os três pólos, alinhados, também contribuem para que a rede seja convergente. A confluência dos pólos científico e tecnológico é um diferencial, associado a uma forte interação com o mercado, especialmente representado pelas instituições governamentais, permitindo a prospecção de demandas e problemas de pesquisa e a obtenção de financiamento para novas iniciativas.

As **tecnologias de informação e comunicação**, além de embasar o desenvolvimento do produto em si (o sistema e seus módulos), contribuem para a coordenação das atividades em rede. As equipes se utilizaram muito de telefone e *e-mail* para comunicação e da infra-estrutura Internet para intercambiar arquivos.

Adicionalmente, procurou-se promover também **interações pessoais** por intermédio de reuniões e *workshops* presenciais (entre uma e duas vezes ao ano). Nestas ocasiões, profissionais mais e menos experientes tinham a oportunidade de apresentar e discutir seus resultados, levando ao intercâmbio de experiências e trocas de conhecimentos tácitos. Estes eventos poderiam envolver reuniões de partida; reuniões de resultados ou reuniões intermediárias de trabalho.

O Quadro 3.2 apresenta um resumo dos resultados relacionados à avaliação de indicadores de morfologia da rede.

Estas características tornaram esta RTE bastante convergente, na qual a maioria dos atores, independentemente de sua posição, podem mobilizar as competências da rede a qualquer momento sem grandes custos de decodificação.

Vários fatores contribuem para a convergência da rede como a própria morfologia da rede – completa, comprida e encadeada – a influência das práticas de gestão e estruturação de projetos

da Embrapa estabelecendo uma práticas de trabalho normalizadas e o próprio papel da liderança - transformacional, no sentido de criar diretrizes e estabelecer uma visão de futuro, e transacional envolvendo acompanhamento de metas e resultados.

As traduções desta RTE são favorecidas por uma linguagem comum – da agrometeorologia e da meteorologia - campo de atuação de grande parte dos atores do pólo científico e do pólo tecnológico. A maior dificuldade desta rede está no estabelecimento de atividades de interação com os integrantes menos tecnicizados do pólo mercado (como os pequenos produtores), cuja linguagem não é comum e existe menor convergência de interesses.

Instrumentos para analisar a dinâmica de Redes Tecno-Econômicas - RTE		
Completude		Rede relativamente completa
Encadeamento		Rede estruturada contemplando os três pólos
Integração e Convergência	Rede fortemente convergente na qual a maioria dos atores, independentemente de sua posição, podem mobilizar as competências da rede a qualquer momento sem grandes custos de decodificação.	Alto nível de alinhamento : atores conseguem mobilizar facilmente os outros atores para resolver problemas, com considerável grau de concordância das traduções efetuadas.
		Coordenação : várias formas de coordenação vigentes: estrutura institucional da Embrapa, relações de confiança, relações contratuais, relações informais, liderança, meios de comunicação
Comprimento	As atividades se iniciam a partir da pesquisa básica, pesquisa aplicada, tecnologia e mercado. É uma rede relativamente longa.	
Dominância	Dominância do Pólo Científico Rede polarizada, com presença destacada de duas instituições coordenadoras: Embrapa Informática Agropecuária e Cepagri/ Unicamp.	
Irreversibilização	A RTE apresenta alto grau de irreversibilidade tendo em vista que as traduções mais prováveis as traduções atuais vem no sentido de completá-las ou prolongá-las.	

Quadro 3.2 – Indicadores de morfologia da RTE mobilizada pelo sistema Agritempo (Autoria própria).

A integração entre o setor governamental do pólo mercado representado pelos Ministérios (MAPA, MDA) e o pólo científico permite que a apresentação das demandas possa ser efetuada diretamente, assim como a captação de recursos para novos projetos de pesquisa.

O próximo item desta dissertação apresenta as conclusões obtidas em relação ao estudo de caso desenvolvido.

CONCLUSÕES

O estudo descritivo e analítico da rede mobilizada pelo sistema Agritempo permitiu analisar o processo de geração de inovações e de criação de conhecimentos em rede.

O caráter colaborativo do processo inovativo é uma característica marcante do atual cenário de Ciência, Tecnologia e Inovação levando à construção de arranjos organizacionais mais flexíveis. Estas novas estruturas, em geral chamadas de redes, visam favorecer a interação entre atores heterogêneos que compartilham entre si informação, conhecimento, competências e recursos com o intuito de gerar inovações.

O caso estudado nesta dissertação reúne uma rede física formada pelas estações de observação meteorológica e por radares que captam imagens de satélite. Uma rede de comunicações formada por computadores e pela infra-estrutura da Internet está associada à esta rede física. E estas duas instâncias de rede estão relacionadas a um arranjo complexo de organizações que estabeleceu relacionamentos a fim de compartilhar dados, informação e competências a fim de gerar novas tecnologias e criar novos conhecimentos.

Por intermédio do mapeamento dos fluxos de dados, informação e conhecimento, foi possível identificar as etapas processamento e armazenamento de dados e as questões relacionadas à sua disponibilização na Internet a fim de atender a várias categorias de atores. O estudo do processo de desenvolvimento do sistema permitiu mapear o processo de criação de conhecimento descrito por Nonaka et al (2000), ocorrendo na rede, permitindo visualizar as etapas do processo de conversão de conhecimento SECI que envolve interações entre conhecimentos tácitos e codificados.

A complexidade desse arranjo e a multiplicidade de dados e informações associadas ao sistema permitiram uma análise mais aprofundada, envolvendo a dinâmica da rede e a atuação dos diferentes atores envolvidos para a geração de inovações.

As inovações do setor de Agrometeorologia, em conjunto com o de Meteorologia, foram possibilitadas pelo desenvolvimento e evolução de instrumentos de medição e coleta de dados - que começou no século XVII e prosseguiu nos séculos seguintes - bem como pela invenção e difusão de computadores capazes de processar e armazenar uma grande quantidade de dados - já em meados no século XX.

Adicionalmente, de forma similar ao movimento de fortalecimento das redes de observação meteorológica, ocorrido nos séculos XVII a XIX, o desenvolvimento do sistema Agritempo e o fortalecimento de sua base de dados, envolveram a formação de uma rede de observação meteorológica, a fim de aumentar a cobertura dos dados do sistema possibilitando uma visão macro relacionada a todo o território brasileiro. E isto possibilitou um aumento na precisão dos produtos e previsões geradas pelo Agritempo.

A revolução das tecnologias de informação foi um divisor de águas entre as redes meteorológicas do século XIX e as atuais, uma vez que permitiu a difusão do método numérico de previsão do tempo, o processamento e armazenamento de grandes quantidades de dados, e a promoção de intensas comunicações e transferências de dados entre organizações – muitas vezes em tempo real. A difusão das TICs foi essencial para que se pudesse desenvolver um sistema informatizado de Agrometeorologia como o Agritempo em 2002.

Apesar de todo o histórico de criação de redes de observação entre os séculos XVII e XIX, a análise institucional da Meteorologia brasileira (desenvolvida no Capítulo 1 desta dissertação) evidencia uma significativa dificuldade em coordenar os dados e sistemas meteorológicos existentes e dispersos em vários órgãos públicos (como o MAPA, o MCT e a Marinha principalmente) e alguns organismos privados. A estratégia empreendida pelo setor Meteorológico para a coordenação entre as instituições vem se baseando em ações governamentais (como a promulgação de leis e planos diretores) visando criar uma linha de ação comum para os diferentes institutos brasileiros atuando neste setor (PRESIDÊNCIA, 2007).

Em relação à Agrometeorologia, destaca-se a iniciativa do Zoneamento Agrícola de Riscos Climáticos como uma ação em rede desenvolvida na década de 1990 para minimizar os riscos climáticos e evitar perdas na agricultura – beneficiando não só os produtores mas os setores de seguro rural e crédito, que tiveram perdas minimizadas.

O Agritempo surgiu como uma iniciativa paralela ao Zoneamento Agrícola (por uma demanda do MAPA à equipe científica que desenvolveu o Zoneamento), visando criar uma ação de monitoramento climatológico para atender a vários usuários como: técnicos do Governo Federal, agrônomos, técnicos da rede de Extensão Rural, produtores e associações, empresas privadas, universidades e pesquisadores. Esta ação pode ser descrita utilizando-se do conceito de Rede Tecno-Econômica, desenvolvido por Callon (1991;1992) a fim de analisar a dinâmica associada à geração de inovações em rede.

A pesquisa documental e a análise dos resultados das entrevistas promovidas nesta pesquisa foram a base para o mapeamento dos atores envolvidos na rede mobilizada pelo sistema Agritempo, e das funcionalidades e dos diferentes ambientes e módulos desenvolvidos, evidenciando as inovações tecnológicas representadas pelo sistema, especialmente considerando seu pioneirismo em oferecer produtos agrometeorológicos com cobertura nacional. Os resultados das entrevistas auxiliaram a montar uma descrição das atividades de desenvolvimento do sistema informatizado e mapear o processo de conversão de conhecimento associado.

O desenvolvimento do sistema Agritempo mobilizou uma rede de cerca de 40 instituições e mais de 1.300 estações meteorológicas. Esta rede pode ser caracterizada como uma Rede Tecno-Econômica que envolve a interação de vários atores heterogêneos com o objetivo de gerar inovações tecnológicas (como *softwares* e produtos agrometeorológicos) e novos conhecimentos (como estudos e publicações em periódicos).

A análise da morfologia desta Rede Tecno-Econômica evidencia um nível elevado de convergência, característica que confirma um alto grau de alinhamento de iniciativas e interesses bem como alto grau de “entendimento mútuo” entre os participantes – o que Callon (1992) consideraria uma manifestação da eficiência do processo de tradução. Estas características favorecem o processo inovativo fazendo com que as interações entre os atores sejam efetivas e produtivas levando à criação de conhecimentos e inovações na forma de intermediários.

O sistema Agritempo revela uma inovação organizacional caracterizada por uma estrutura em rede com três dimensões: uma rede física de equipamentos de coleta e computadores, uma rede de comunicações e uma complexa rede inter-organizacional. .

O mapeamento das formas de coordenação utilizadas no âmbito da rede evidencia uma estrutura flexível que envolve várias práticas como celebração de contratos, acordos informais, formação de colégios invisíveis e estratégias de gestão e de liderança.

O papel da **liderança** foi fundamental para o sucesso das atividades desenvolvidas, tanto no que se refere ao aspecto institucional quanto individual. Em âmbito institucional, temos a dominância da Embrapa Informática Agropecuária e do Cepagri/ Unicamp. A sinergia existente entre estas organizações permitiu a criação de um contexto (*Ba*) favorável para a geração de inovações e a criação do conhecimento científico e tecnológico tanto no que se refere ao espaço físico, à infra-estrutura, ao ambiente virtual compartilhado por elas.

No que se refere aos líderes individuais destaca-se a ação de Eduardo Assad e Hilton Pinto, bem como de outros indivíduos que acabaram por desenvolver competências específicas e liderar outras iniciativas posteriores, chamadas *spin-offs*. Os líderes individuais se utilizaram eficientemente da infra-estrutura proporcionada pelo Sistema Embrapa de Gestão tanto na obtenção de recursos para ações de pesquisa quanto no atendimento às suas exigências administrativas de prestação de contas e apresentação de resultados. Com suas habilidades transformacionais, souberam também agregar novos financiadores, novas competências e novas fontes de dados, possibilitando a evolução do sistema. As habilidades de liderança transacional, por sua vez, permitiram a gestão da equipe através de ações de acompanhamento e cobrança por resultados.

As características do líder individual envolvem, *know-who*, para saber quais os indivíduos que possuem as competências, as instituições que possuem equipamentos e recursos necessários e agregá-los à equipe. Além disso, o líder deve ter *know-how* relacionado à motivação de equipes e estabelecimento de estratégias e *know-what* associado a acompanhamento de atividades, do cumprimento de metas e premiação da equipe.

Esta experiência formou profissionais e novos líderes que passaram a atuar em *spin-offs* do sistema Agritempo, por intermédio de novos projetos financiados pelo Macroprograma 1 da Embrapa, o que contribuiu para a irreversibilização da rede. O Agritempo se afirmou como uma **tecnologia consolidada**, que contribui para o desenvolvimento de novas pesquisas e segue uma trajetória de continuidade. Neste caso, as traduções que ocorrem na rede, acabam atuando no sentido de fortalecer as atividades desenvolvidas, complementando-as e impedindo traduções contrárias – que poderiam, por exemplo, desestabilizar o sistema.

Existe uma **dominância** do pólo científico e uma forte confluência entre os pólos científico e tecnológico levando ao desenvolvimento do sistema Agritempo – uma tecnologia fortemente embasada por conhecimento científico. Existe também uma estreita relação entre o pólo científico e mercado, tendo em vista que atores integrante do mercado – como MAPA e MDA – levam suas demandas diretamente aos cientistas, financiando ações de pesquisa.

Ressalta-se que o pólo mercado poderia ser fortalecido com o aumento das oportunidades de interação entre usuários, desenvolvedores e cientistas por intermédio de mudanças na arquitetura do *website* criando comunidades de interesse, permitindo a postagem de comentários e disponibilizando um e-mail específico para contatos e sugestões dos usuários.

Outra ação interessante seriam iniciativas de promoção de sua difusão entre os pequenos produtores, menos estruturados e menos tecnicizados, com apoio da estrutura de Extensão Rural e a utilização de telecentros. Desta forma, o Agritempo poderia se aproximar mais do modelo “**todos para todos**” descrito por Lévy (2000).

A disponibilização gratuita de dados, seguindo a filosofia do dado meteorológico como um bem público, foi alvo de conflitos no início do desenvolvimento do Agritempo, pois algumas organizações se sentiam “donas” dos dados e não concordavam em compartilhá-los ou disponibilizá-los. Atualmente não há dissonância quanto a este assunto e a disponibilização gratuita de dados meteorológicos pela Internet é vista como um grande avanço.

Assim, pode-se dizer que a RTE formada para desenvolver o Agritempo caracteriza-se como uma rede fortemente **convergente** na qual os atores – principalmente os dos pólos científico e tecnológico – conseguem mobilizar outros atores da rede com poucos custos, sem grandes codificações. Várias formas de coordenação são estabelecidas, configurando esta RTE como um **híbrido** composto por múltiplas estratégias de interação e coordenação de atividades.

Dentre as **características que favorecem esta convergência** estão: a existência de relações de **confiança** entre um grupo de agrometeorologistas que se reuniram para desenvolver o zoneamento agrícola na década de 1990; o **ambiente institucional** da Embrapa e sua estrutura de gestão de projetos, criando um ambiente de normatização e favorecendo as traduções entre os atores; promoção de interações virtuais e presenciais entre os membros da rede; a **linguagem comum dos pólos científico e tecnológico** envolvendo os campos da agrometeorologia e meteorologia; **contexto (Ba) favorável** para a criação de conhecimento e de geração de inovações; existência de **know-who** pelas lideranças da iniciativa que formaram redes a partir dos relacionamentos estabelecidos no meio acadêmico e na área pública; estabelecimento de **relações contratuais** com os principais parceiros da rede – sempre com a Embrapa Informática Agropecuária e o Cepagri/ Unicamp simultaneamente; fortes **competências de liderança** tanto a nível institucional quanto individual.

A análise efetuada indicou que o **ambiente institucional da Embrapa** – enquanto instituição financiadora de várias atividades de pesquisa- influencia na coordenação e nas atividades da liderança, por intermédio da sua estrutura de articulação, gestão e acompanhamento de resultados de projetos. Ocorre porém, muitas vezes, uma sobrecarga da figura do líder que se torna responsável por muitas atividades burocráticas e administrativas como, por exemplo, a

compra de equipamentos, a celebração de contratos e convênios e prestação de contas.

A estratégia de formalização (ou não) de atividades desenvolvidas para criação do sistema Agritempo reflete uma análise dos custos envolvidos na celebração de um convênio comparados aos benefícios recebidos (seja em quantidade de dados enviados ou no montante de recursos a disponibilizados). Os procedimentos legais, mesmo considerados longos, burocráticos e associados a muita documentação, podem atuar no sentido de minimizar a chance de ocorrência de problemas. Assim, houve um forte investimento na celebração de contratos visando de garantir o envio de dados para a base do sistema e sua livre disponibilização na Internet.

Assim, considerando as múltiplas estratégias de coordenação empreendidas, pode-se dizer que a Rede Tecno-Econômica mobilizada pelo sistema Agritempo é fruto de um **intenso esforço de coordenação** de competências, de fornecedores de dados meteorológicas, de ferramentas tecnológicas e recursos financeiros, **promovido pelas lideranças institucionais**, Embrapa Informática Agropecuária e pelo Cepagri/ Unicamp, e pelas **lideranças individuais** desta RTE. Esta é uma iniciativa de cooperação de grande porte no setor de Agrometeorologia, algo notável tendo em vista a multiplicidade de instituições públicas atuando no setor Meteorológico e o histórico de falta de integração e coordenação entre elas, conforme descrito no Capítulo 1.

Mesmo sabendo que o processo inovativo é dependente do setor de atuação, de questões estruturais e contextuais, espera-se que os resultados do estudo desta experiência possam oferecer elementos para a análise de outras redes inter-organizacionais formadas para geração de novas tecnologias e conhecimentos.

Entende-se que este estudo de caso possa trazer contribuições no sentido de oferecer uma análise crítica das estratégias de ação empregadas para a estruturação desta Rede Tecno-Econômica, sejam aspectos bem sucedidos ou sugestões de melhoria. Esta análise pode interessar à Embrapa, que vem incentivando o desenvolvimento de ações de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação em rede em seu Plano Diretor, ou a outras instituições de âmbito público e privado. O estudo descritivo desta experiência pode auxiliar no desenvolvimento de estratégias de articulação, gestão e acompanhamento da carteira de projetos relativas a outras Redes Tecno-Econômicas, visando estimular a geração de inovações e a criação de conhecimentos em rede.

Em relação ao Agritempo, os resultados das entrevistas efetuadas evidenciam a necessidade de evolução da interface do sistema para um Agritempo 2.0, parafraseando um dos entrevistados. Foram elencadas várias questões como o acesso de alguns produtos no ambiente restrito, a

dificuldade em enviar *e-mails* para a equipe do projeto e a necessidade de novos projetos. Considerando a durabilidade desta rede e do artefato gerado – 8 anos – torna-se premente uma ação de evolução tecnológica, visando a aplicação de técnicas e tecnologias mais recentes a fim de atender às diferentes categorias de usuários do sistema.

**Referências
Bibliográficas**

AGRITEMPO – Sistema de Monitoramento Agrometeorológico. Disponível em: <http://www.agritempo.gov.br/> Acesso em: 05 abr. 2010.

AKRICH, M. CALLON, M. LATOUR, B. A quoi tient le succès des innovations? 1: L'art de l'interressement, Gérer et comprendre. *Annales de Mines*, 11, 1988, pp. 4-17.

ANDERSON, K. Meteorology. IN: HESSENBRUCH, A . *Reader's Guide to the History of Science*. USA: Fitzroy Dearborn Publisher, 2000. p.476-477.

ARUJA, G. Collaboration Networks, Structural Holes and Innovation: A longitudinal study. *Administrative Science Quarterly*, 45, 2000. pp. 425-455.

ASSAD, E. D. O zoneamento agrícola e os riscos climáticos. *Agroanalysis*. São Paulo: Fundação Getúlio Vargas, nº 4, abril de 2004. pp. E17-E18.

ASSAD, E.D. O cenário do sistema meteorológico brasileiro: organizações participantes, papéis, demandas e pontos críticos. Apresentação ministrada na Reunião do GT-03 2006.

Disponível em:

http://planejamento.sir.inpe.br/documentos/arquivos/apresentacoes/Embrapa_Assad_GT03.pdf

Acesso em 10.mar.2008.

ATKINSON, R. *The past and Future of America's Economy – Long Waves of Innovation the Power Cycles of Growth*. USA: Edward Elgar Publishing, Inc., 2004. pp.92-140.

BAMBINI, M. D. ; VENDRUSCULO, L. G. . Pesquisa, desenvolvimento e inovação na agricultura: contribuição de ferramenta de gestão de conteúdo Web para a gestão do conhecimento em ações em rede.. In: *Anais do Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural - Desenvolvimento rural e sistemas agroalimentares: os agronegócios no contexto de integração das nações, 2009. Porto Alegre*. Porto Alegre: SOBER, 2009.

BARADEL, R.R. , ROMANI, L. A . S. *Agritempo: manual do usuário*. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2007. (Documentos) 42p.

BARBOZA, C. H. da M. *Tempo Bom, Meteoros no fim do Período - Uma história da Meteorologia em meados do século XIX através das obras de Emmanuel Liais, 2002. 296 p. Tese*. (Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas - Departamento de História). Universidade de São Paulo. São Paulo.

BARRY, R. G. CHORLEY, R.J. *Atmosphere, weather and climate*. USA: Routledge, 1998. 409 p.

BERGAMASCHI, H CAMARGO, M. B. P ALFONSI, R. R. Desenvolvimento da Agrometeorologia no Brasil *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v. 8, N. 2, p.331-339, 2000.

BIUDES, F. *Tecnologias da Informação e Novos Usos do Território Brasileiro. Uma análise a partir do zoneamento agrícola de riscos climáticos da soja, 2005. 168 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) Unicamp. Campinas*.

BIUDES, F. , ASSAD, E. D. , CASTILLO, R. . O seguro agrícola a partir do zoneamento de riscos climáticos. In: Anais do XIV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, Campinas, 2005. Campinas : SBAGRO, 2005.

BUSH, V. *Science - the Endless Frontier, A Report to the President by Vannevar Bush, Director of the Office of Scientific Research and Development*, United States Government Printing Office, Washington, Julho 1945.

CARAMORI, P.H. OLIVEIRA, D. BRUNINI, O. BERGAMASCHI, H. BRAGA, H.J. Diagnóstico da agrometeorologia operacional no Brasil Revista Brasileira de Agrometeorologia. Banta Maria, V. 10 n.2. p. 363-371, 2002.

CALLON, M. Réseaux techno-économiques et irréversibilité. In: BOYER, R., CHAVANCE, B. , GODARD, O . *Les Figures de L'Irreversibilité em Économie*. Paris: Éd. de l' École des Hautes Études em Sciences Sociales, 1991. pp.195-230.

CALLON, M. "The dynamics of techno-economic networks" in Coombs, R., Saviotti, P. e Walsh, V. (1992). *Technological Change and Company Strategies: Economical and Sociological Perspectives*. London: Harcourt Brace Jovanovich Publishers, 1992.

CALLON, M. LAREDO, P. RABEHARISOA, V. The management and evaluation of technological programs and dynamics of tecno-economic networks: the case of the AFME. *Research Policy* 21, 1992. p. 215-236.

CALLON, M. LARÉDO, P. MUSTAR, P. Réseaux technico-économiques et analyse des effets structuraux In: CALLON, M. LARÉDO, P. MUSTAR, P. *La Gestion Stratégique de la Recherche et de la Technologie*. Paris: Economica, 1995. p.415-462.

CASTELLS, M. *A Sociedade em Rede*. São Paulo: Paz e Terra, 1999. pp. 1-81

_____. *A Galáxia da Internet. Reflexões sobre a internet, os negócios e a sociedade*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 2003. 243p.

COMPARTILHANDO Informação – Porque conhecimento gera conhecimento. Disponível em: <http://compartilhandoecriandoinformacao.blogspot.com/2008/01/discurso-do-mtodo-ren-descartes.html> Acesso em: 07 fev. 2011.

CLIMATEMPO Disponível em: <http://www.climatempo.com.br/> Acesso em: 19 jan. 2011.

COLTRI, P. P., PINTO, H.S. , FERREIRA, N. J. , CECCARELLI, M., CORAL,G. Sistema de Monitoramento e Previsão Agrometeorológica: Agritempo. In *Anais do XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia*, Aracaju -SE: SBAGRO, 2007.

CPTEC – Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos. Disponível em: <http://www.cptec.inpe.br/ocptec/infor.shtml> Acesso em: 12.abr.2010.

CRANE, D. Social Structure in a Group of Scientists: a test of the "Invisible College" Hypothesis. In *American Sociological Review*, Vol. 34, No 3, Jun. 1969. pp. 335-352.

CUNHA, G. ASSAD, E.D. Uma visão geral do número especial da RBA sobre zoneamento agrícola no Brasil. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Passo Fundo, v.9, n.3, (Nº Especial: Zoneamento Agrícola), 2001. pp.377-385.

DEBRESSON, C. AMESSE, F. Networks of Innovators: a review and introduction to the issue. *Research Policy*. 20 1991. pp. 363-379.

DJURIC, D. *Weather Analysis*. New Jersey: Prentice Hall, 1994. 304 p.

DORAISWAMY, P.C., PASTERIS, P.A . , JONES, K.C., MOTHA, R.P., NEJEDLIK, P. Techniques for methods of collection, database management and distribution of agrometeorological data. *Agricultural and Forest Meteorology*, 103, 2000. pp.83-97.

EDWARDS, P. N. “A Vast Machine”: Standards as Social Technology. *SCIENCE* Vol 304 7 May 2004. pp. 827-828.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em: <http://www.embrapa.br/> Acesso em: 11 jan. 2011.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sugestões para a Formulação de um Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária – Livro Preto - Edição especial do documento original de junho de 1972. MEMÓRIA EMBRAPA. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. 122 p. Disponível em: <http://www.sct.embrapa.br/memoria/colecao/LivroPreto.pdf> Acesso em: 17 abr 2011.

EMBRAPA INFORMÁTICA AGROPECUÁRIA. Disponível em: <http://www.cnptia.embrapa.br> Acesso em: 10.jan.2011.

_____. Meteorology as Infrastructural Globalism. *OSIRIS*, 21, 2006. pp. 229-250.

ERNST, D. LUNDVALL, B. Å. *Information Technology in The Learning Economy - Challenges for Developing Countries*. Working Paper No. 97-12 Danish Research Unit for Industrial Dynamics - DRUID, 1997. 56p.

EVANGELISTA, S.R. M. , TERNES, S. , SANTOS, E. H. , ASSAD, E. D. , ROMANI, L. A. S., FRANZONI, A. Agroclima – Sistema de Monitoramento Agroclimatológico. In *Anais do XIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia*. Santa Maria: SBAGRO, 2003.

FIGUEIREDO, P. N. Pesquisa empírica sobre aprendizagem tecnológica e inovação industrial: alguns aspectos práticos de desenho e implementação. In: VIEIRA, M. M. F. , ZOUAIN, D. M. *Pesquisa qualitativa em administração*. Rio de Janeiro: Editora Fgv, 2006. pp.201-223.

FLEMING, J. R. *Historical Perspectives on Climate Change*. New York: Oxford University Press. 1998. 194p.

FREEMAN, C. Network of innovators: a synthesis of research issues. *Research Policy* 20 , 1991. 499-514.

FREEMAN, C. LOUÇÃ, F. *As Time goes By: From the Industrial Revolutions to the Information Evolution*. Oxford: Oxford University Press, 2001. pp.301-335.

FREEMAN, C. SOETE, L. *A Economia da Inovação Industrial*. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2008. 813 p. (tradução da 3a. Edição de 1997)

GITAHY, L. Redes e flexibilidade : da mudança das práticas cotidianas a uma nova trama produtiva. In: GITAHY, L. LEITE, M. de P. *Novas Tramas Produtivas. Uma discussão teórico-metodológica*. São Paulo: Editora Senac são Paulo, 2005. p.187-199.

HARPER, K., UCCELLINI, L.W. KALNAY, E. CAREY, K. MORONE, L. 50Th Anniversary of Operational Numerical Weather Prediction. *Forum. American Meterological Society*. Maio 2007. p .639-650.

HASEGAWA, M. *A criação, circulação e transformação do conhecimento em redes de Inovação: O Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-Açúcar do IAC*, 2001. 105 p. Dissertação (Mestrado em Política Científica e Tecnológica) Unicamp. Campinas.

HASEGAWA, M. FURTADO, A . T. Avaliação dos impactos de programas de P&D. *Inovação Uniemp* vol.2 no.3 Campinas July/Aug., 2006.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em:
http://www.inmet.gov.br/html/rede_obs.php Acesso em: 10.abr.2010.

LATOUR, B. *Reassembling the social: An introduction to actor-network-theory*. New York: Oxford University Press, 2005.

LÉVY, P. A Revolução Contemporânea em Matéria de Comunicação In: MARTINS, F. M e SILVA, J. M. da (Org.) *Para Navegar no Século XXI*. Porto Alegre: Sulina/Edipucrs, 2000, 2ed. 294 p.

LEZAUN, M. Que tiempo va hacer? UNION – Revista Iberoamericana de Educación Matemática. N. 5 março 2006. p. 37-47.

LIMA, R. Falta eficiência para a meteorologia - Brasil ainda é falho nas informações sobre os fenômenos que atingem áreas urbanas e afetam diretamente a sociedade. Caderno Especial Cenário XXI de Correio Popular, 14 jan 2007. Disponível em:
http://www.cpopular.com.br/cenarioxxi/conteudo/mostra_noticia.asp?noticia=1484742&area=2259&authent=649351AC989FCB635856679F54CCA8 Acesso em: 20 abr. 2010.

LUNDVALL, B.A. *Knowledge Management in the Learning Economy*. Danish Research Unit for Industrial Dynamics – DRUID. Working paper No. 06-6, 2006. 22p.

LUNDVALL, B.A. NIELSEN, P. Knowledge Management and Innovation Performance. *International Journal of Manpower*, vol. 28, No. 34, 2007. pp.207-223.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em:
<http://www.agricultura.gov.br/> Acesso em: 15.mar.2011.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - Secretaria de Política Agrícola. *Plano Agrícola e Pecuário 2009/2010*. Brasília : Mapa/SPA, 2009. 56p.

MAVI, H.S., TUPPER, G. J. *Agrometeorology. Principles and Applications of Climate Studies in Agriculture*. United States of America: The Haworth Press Inc., 2004. 364 p.

METEOROLOGIA PARA AGRICULTURA – CPTEC/INPE. Disponível em: <http://agricultura.cptec.inpe.br/> Acesso em: 11 jan.2011.

MIDDLETON, W. E. K. *Invention of the Meteorological Instruments*. Baltimore: The John Hopkins Press, 1969. 362 p.

MONTEIRO, J. E. B. A . (org.) *Agrometeorologia dos Cultivos. O fator meteorológico na produção agrícola*. Brasília, DF: INMET, 2009. 530 p .

MORLACCHI, P. MARTIN, B. R. Emerging challenges for science, technology and innovation policy research: A reflexive overview (Editorial). *Research Policy* 38, 2009. pp. 571-582.

MOTA, F. S. *Meteorologia Agrícola*. São Paulo: Nobel, 1983.

MY OPERA. Disponível em:

<http://my.opera.com/ancientmacedonia/blog/2007/12/14/macedonian-origin-of-the> Acesso em: 07 fev. 2011

NERUR, S., MAHAPATRA, R. , MANGALARAJ, G. Challenges of Migrating to Agile Methodologies. *Communications of the ACM*. Vol.48 No.5. May 2005.

NONAKA, I. TAKEUCHI, H. *Criação de conhecimento na empresa*. Rio de Janeiro: Campus, 1997. 358 p.

NONAKA, I. TOYAMA, R. KONNO, N. SECI, Ba and Leadership: a Unified Model of Dynamic Knowledge Creation. *Long Range Planning* 33, 2000.pp. 5-34.

OECD – Organization for Economic Co-operation and Development. *The Knowledge-based Economy*. Paris: OECD, 1996. 46p.

OECD - Organization for Economic Co-operation and Development Manual de Oslo - Proposta de Diretrizes para Coleta e Interpretação de Dados sobre Inovação Tecnológica, 1997. Trad. FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos. Brasília, DF: FINEP, 2004. 136p.

OKE, A . , MUNSHI, N. , WALUMBWA, F.O. The Influence of Leadership on Innovation Processes and Activities. *Organizational Dynamics*, Vol. 38, No. 1, 2009. pp. 64-73.

OLIVEIRA, F. *100 anos de Meteorologia no Brasil: 1909-2009 = INMET*. Brasília, DF: INMET, 2009.120p.

PAVITT, K. *The process of innovation*. SEWPS: SPRU Electronic Working Paper Series Brighton: SPRU, 2003. 47p.

PEREIRA, A . R. ANGELOCCI, L. R. SENTELHAS, P. C. *Agrometeorologia : fundamentos e aplicações práticas* . Guaíba : Agropecuaria, 2002 478p.

POR QUE a Embrapa é o nosso Google. *Época Negócios*, 3 fev 2011.

PORTAL TERRA - Dilma lança sistema nacional de prevenção de desastres: Integração de radares meteorológicos e aquisição de equipamentos mais sensíveis estão entre os planos. Isto É Online, 17 jan.2011. Disponível em:

http://www.istoe.com.br/reportagens/120316_DILMA+LANCA+SISTEMA+NACIONAL+DE+PREVENCAO+DE+DESASTRES Acesso em: 19 jan.2011.

POWELL, W. W. Neither market nor hierarchy: Network forms of organization. *Research in organizational behavior*, 12, 1990. pp.295-336.

POWELL, W.W. KOPUT, K. W. SMITH-DOERR, L. Interorganizational Collaboration and the Locus of Innovation: Networks of Learning in Biotech. *Administrative Science Quarterly*, 41, 1996. pp.116-145.

PRESIDÊNCIA da República. Casa Civil. Decreto No. 6.065, de 21 de março de 2007.

PRESIDÊNCIA da República. Casa Civil. Decreto No. 5.886, de 06 de setembro de 2006.

RIPA - Rede de Inovação e Prospecção Tecnológica para o Agronegócio. *Cenários do Ambiente de Atuação das Instituições Públicas e Privadas de PD&I para o Agronegócio e o Desenvolvimento Rural Sustentável - Horizonte 2023*. São Carlos: RIPA, 2008. 98p.

ROMANI, L. A. S. ; SANTOS, E. H. dos ; EVANGELISTA, S. R. M; TERNES, S. ; MONTAGNER, A. J. Organização do banco de dados meteorológicos do sistema Agritempo. In *Anais do Congresso Brasileiro da Sociedade Brasileira de Informática Aplicada à Agropecuária e Agroindústria 2003*, Porto Seguro. Lavras : SBIAgro, 2003.

ROMANI, L. A. S, OTAVIAN, A.F. EVANGELISTA, S. R. M., ASSAD, E.D. Modelo de Estações Virtuais com Estimativa de Precipitação e Temperatura para Aprimoramento dos Mapas do Agritempo. In: *Anais do XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia 2007*. Aracaju/SE: SBA, 2007.

ROSSETTI, L. A . Seguridade e Zoneamento Agrícola no Brasil. Novos Rumos. *Anais do I Simpósio Internacional de Securidade e Zoneamento Agrícola no Mercosul*. Março de 1998.pp. 1-9.

_____. Zoneamento agrícola em aplicações de crédito e seguridade rural no Brasil: aspectos atuariais e de política agrícola *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v.9, n.3, (Nº Especial: Zoneamento Agrícola), 2001. pp.386-399.

RYAN, S. O´CONNOR, R.V. Development of a team measure for tacit knowledge in software development teams. *The Journal of Systems and Software*. 82 , 2009. pp. 229-240.

SAGASTI, F. R. Knowledge And Development in a Fractured Global Order. *Futures* Vol.27, No 6, 1995. pp.591-610.

SANTIAGO, A.V. Meteorologia: Previsão de um futuro promissor. *CIRRUS UNEMET – Brasil* Ano 2 Número 7 Junho/Agosto 2006. pp.26-40.

SANTOS, E. H. , PEREIRA, A. S., ASSAD, E. D. , EVANGELISTA, S. R.M. *Análise Automática de Outorga de Recursos Hídricos para Irrigação*. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2003. (Comunicado Técnico). 4p.

SBA - Sociedade Brasileira de Agrometeorologia Disponível em: <http://www.sbagro.org.br/index.php?pagina=sbagro> Acesso em: 13.08.2009

SENTELHAS, P.C. MONTEIRO, J.E.B.A . Agrometeorologia dos cultivos. Informações para uma agricultura sustentável. In MONTEIRO, J. E. B. A . (org.) *Agrometeorologia dos Cultivos. O fator meteorológico na produção agrícola*. Brasília, DF: INMET, 2009. pp.3-12.

SILVA, H. S. *Análise Sociotécnica da Meteorologia Brasileira: uma aplicação para o Vale do Itajaí* (SC), 2003. 208p. Tese (Doutorado Interdisciplinar em Ciências Humanas) UFSC. Florianópolis.

SILVA, M. G.A . J. , MOURA, A . D. , FORTES, L. , DIAS, M. A . F. S. , BONATTI, J.P. , NUNES, H. M. T. FARIA, A . F. G. , RODRIGUES, J. C. Proposta de Política Nacional de Meteorologia e Climatologia. *Boletim SBMET*, abril 2008.

SIVAKUMAR, M.V.K. Evolution of Agrometeorology at the Global Level. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v.11, n.2, 2003. pp.385-397.

SIVAKUMAR, M.V.K, GOMMES, R. BAIER, W. Agrometeorology and sustainable agriculture. In: *Agricultural and Forest Meteorology* 103, 2000. pp11-26.

SOMAR Meteorologia. Disponível em:

http://www.somarmeteorologia.com.br/index_BR.html Acesso em: 19 jan.2011.

TURBAN, E. RAINER JR, R. K. POTTER, R. E. Administração de Tecnologia da Informação. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005. 618 p.

VALLE, M. G. SALLES-FILHO, S.M. Redes de Inovação Tecnológica: Aportes da Economia Evolucionista e da Nova Economia Institucional. In: 3º Congresso Internacional de Economia e Gestão dos Negócios Agroalimentares, 2001, Ribeirão Preto. *Anais do 3º Congresso Internacional de Economia e Gestão dos Negócios Agroalimentares*, 2001. v. 1. p. 1-12

VOGEL, B. Meteorological Instruments. IN: HESSENBRUCH, A . *Reader's Guide to the History of Science*. USA: Fitzroy Dearborn Publisher, 2000. p. 475-476.

VOGEL,B. Bibliography of Recent Literature in the History of Meteorology - Twenty Six Years, 1983-2008, *History of Meteorology* 5 (2009). pp. 23-135.

WEISS, A . VAN CROWDER, L. BERNARDI, M. Communicating agrometeorological information to farming communities. *Agricultural and Forest Meteorology*, 103, 2000. pp. 185-196.

WILLIAMSON, O.E. *The Economics of Institutions of Capitalism*. New York: The Free Press, 1985. 9-77.

WMO – World Meteorological Organization. Disponível em: http://www.wmo.int/pages/index_en.html Acesso em: 14.abr.2011.

YIN, R. K. *Estudo de Caso: planejamento e métodos*. Porto Alegre: Bookman, 2010. 248p.

ZULLO JR, J. Novas Técnicas de Zoneamento Agrícola no Brasil III. In *Anais do I Simpósio Internacional de Securidade e Zoneamento Agrícola no Mercosul*. Março de 1998.pp. 35-36.

ZULLO JR, J., PINTO, H. S., ASSAD, E. D. . Impact assessment study of climate change on agricultural zoning. *Meteorological Applications*, v. 1, 2006. pp. 69-80.

ANEXO I

Resultados da pesquisa documental

Relação de documentos consultados

1) Artigos científicos publicados pela equipe do projeto

ASSAD, E. D. . Rede Virtual de Agrometeorologia como suporte ao zoneamento agrícola. In: Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 2002, Florianópolis. *XXIV Congresso Nacional de Milho e Sorgo CD-ROM*. Sete Lagoas - M.G. : Embrapa Milho e Sorgo, 2002.

ASSAD, E. D. O zoneamento agrícola e os riscos climáticos. *Agroanalysis*. São Paulo: Fundação Getúlio Vargas, nº 4, abril de 2004. pp. E17-E18.

BIUDES, F. ; ASSAD, E. D. ; CASTILLO, R. O seguro agrícola a partir do zoneamento de riscos climáticos. In *Anais do XIV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia - Agrometeorologia, Agroclimatologia e agronegócio*. Campinas : SBAGRO, 2005.

COLTRI, P. P., PINTO, H.S. , FERREIRA, N. J. , CECCARELLI, M., CORAL,G. Sistema de Monitoramento e Previsão Agrometeorológica: Agritempo. In *Anais do XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia*, Aracaju -SE: SBAGRO, 2007.

EVANGELISTA, S.R. M. , TERNES, S. , SANTOS, E. H. , ASSAD, E. D. , ROMANI, L. A. S., FRANZONI, A. Agroclima – Sistema de Monitoramento Agroclimatológico. In *Anais do XIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia*. Santa Maria: SBAGRO, 2003.

EVANGELISTA, S. R. M. , MARIN, F. R. , [ASSAD, E. D.](#) , OTAVIAN, A. F. ; ROMANI, L. A. S. . Cálculo da penalização sobre a produtividade de culturas pela web: abordagem baseada em dados climáticos. In: *Anais do V Congresso Brasileiro de Agroinformática*, 2005, Londrina. Lavras : SBIAgro, 2005.

OTAVIAN, A. F. , FARIAS, J. R. B. , SANTOS, E. H. dos , EVANGELISTA, S. R. M. , ROMANI, L. A. S. , [ASSAD, E. D.](#) Monitoramento, Alerta e base de dados para a ferrugem asiática da soja. In: *Anais do XIV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia*, 2005, Campinas. Campinas : Sociedade Brasileira de Agrometeorologia - SBA, Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, 2005. pp. 45-45.

ROMANI, L. A. S. ; EVANGELISTA, S. R. M. ; ZULLO JR, J. ; AGUIAR, D. ; FONSECA, M. Geração de mapas agrometeorológicos em tempo real via Internet.. In: *Anais do Congresso Brasileiro da Sociedade Brasileira de Informática Aplicada à Agropecuária e Agroindústria 2003*, Porto Seguro. Lavras : SBIAgro, 2003. (a)

ROMANI, L. A. S. ; SANTOS, E. H. dos ; EVANGELISTA, S. R. M. ; ASSAD, E. D. ; PINTO, H. S. Utilização de estações vizinhas para estimativa de temperatura e precipitação usando o inverso do quadrado da distância.. In: *Anais do XIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia*. Santa Maria: UNIFRA, SBA, UFSM, 2003. v. 2. p. 717-718. (b)

ROMANI, L. A. S. ; SANTOS, E. H. dos ; EVANGELISTA, S. R. M.; TERNES, S. ; MONTAGNER, A. J. Organização do banco de dados meteorológicos do sistema Agritempo. In: *Anais do Congresso Brasileiro da Sociedade Brasileira de Informática Aplicada à Agropecuária e Agroindústria 2003*, Porto Seguro. Lavras : SBIAgro, 2003.

ROMANI, L. A. S, OTAVIAN, A.F. EVANGELISTA, S. R. M., ASSAD, E.D. Modelo de Estações Virtuais com Estimativa de Precipitação e Temperatura para Aprimoramento dos Mapas do Agritempo. In: Anais do XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia 2007. Aracaju/SE: SBA, 2007.

ROSSETTI, L. A . *Seguridade e Zoneamento Agrícola no Brasil. Novos Rumos.* Anais do I Simpósio Internacional de Securidade e Zoneamento Agrícola no Mercosul. Março de 1998.pp. 1-9.

ZULLO JR, J. Novas Técnicas de Zoneamento Agrícola no Brasil III. In: Anais do I Simpósio Internacional de Securidade e Zoneamento Agrícola no Mercosul. Março de 1998.pp. 35-36.

ZULLO JR, J. , PINTO, H. S. , ASSAD, E. D. . Impact assessment study of climate change on agricultural zoning. *Meteorological Applications*, v. 1, 2006. pp. 69-80

2) Publicações da Série Embrapa

BARADEL, R.R. , ROMANI, L. A . S. *Agritempo: manual do usuário.* Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2007. (Documentos) 42p.

Relatório Técnico e de Atividades 2005/2006. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2006. (Documentos). 20p.

ROMANI, L. A . S. ,SANTOS, E. H., MONTAGNER, A. J. *Processo de Migração de Dados Meteorológicos para o Banco de Dados do Sistema Agritempo.* Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2002. (Comunicado Técnico). 10p.

SANTOS, E. H. , PEREIRA, A. S., ASSAD, E. D. , EVANGELISTA, S. R.M. *Análise Automática de Outorga de Recursos Hídricos para Irrigação.* Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2003. (Comunicado Técnico). 4p.

SOARES, A.F. *Espacialização Tridimensional de Variáveis de Clima através do Surfer 8.* Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2003. (Documentos). 19p

TERNES, S. ; SANTOS, E. H. dos ; ASSAD, E. D. ; ROMANI, L. A. S. ; EVANGELISTA, S. R. M. ; MONTAGNER, A. J. *Informatização do monitoramento agrometeorológico - o sistema Agritempo 1.0.* Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2002 (Comunicado Técnico).

3) Informativos Embrapa

AGRINFORMA- Jornal do Centro Nacional de Pesquisa Tecnológica em Informática para a Agricultura - Ano I, nº 02 - Campinas, SP, março-abril/2003.

AGRINFORMA - Jornal da Embrapa Informática Agropecuária - Ano IV, nº 20 - Campinas, SP, março-abril/2006.

AGRINFORMA - Jornal da Embrapa Informática Agropecuária - Ano IV, no 24, Campinas/SP, janeiro-fevereiro/2007.

4) Documentos internos

Arquivo do projeto “Impacto das Variações do Ciclo Hidrológico no Zoneamento Agroclimático Brasileiro, em Função do Aquecimento Global – ZONAGRO” submetido ao Edital CT - Hidro 01/2001 do CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico. (Documento Interno)

Arquivo do Projeto “Desenvolvimento e evolução de um sistema de monitoramento agroclimatológico para o estado de São Paulo” aprovado pelo Macroprograma 2 do Sistema Embrapa de Gestão em 2002. (Documento Interno)

Relatório do Projeto “Zoneamento de Riscos Agrícolas do Brasil, Monitoramento Agrometeorológico e Previsão de Safras: Aperfeiçoamento e Desenvolvimento Metodológico”. Metas 16 e 17 - Redefinir a estrutura da Rede Nacional de Agrometeorologia para formato de Agência de informação - Implantar o banco de dados agropedoclimáticos do NE na RNA. Disponível em: <http://www.cnptia.macroprograma1.embrapa.br/finep> Acesso em: 03.out.2010.

5) Dissertação

BIUDES, F. *Tecnologias da Informação e Novos Usos do Território Brasileiro. Uma análise a partir do zoneamento agrícola de riscos climáticos da soja*, 2005. 168 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) Unicamp. Campinas.

ANEXO II

Relação de entrevistas e consultas efetuadas durante a pesquisa

I. Entrevistas presenciais

Embrapa Informática Agropecuária

- Adriano Franzoni Otavian, Analista de Sistemas
- Eduardo Delgado Assad, Doutor em Hidrologia e Matemática
- João Francisco Gonçalves Antunes, Doutorando em Engenharia Agrícola
- Luciana Alvim Santos Romani, Doutoranda em Engenharia de Computação
- Silvio Roberto Medeiros Evangelista, Doutor em Engenharia Elétrica

Embrapa Sede (aspectos institucionais influenciando a rede)

Daniela Biaggioni Lopes - Gestora do Macroprograma 2 - Competitividade e Sustentabilidade Setorial – Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento, Brasília, DF.

Jefferson Luis da Silva Costa - Gestor do Macroprograma 1 - Grandes Desafios Nacionais - Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento, Brasília, DF.

Milene Castellen - Coordenadora Substituta da Coordenadoria de Integração e Articulação em P&D (CIA) - Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento, Brasília, DF.

Cepagri/Unicamp: Jurandir Zullo Júnior, Doutor em Agrometeorologia, Pesquisador

Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento – MAPA

Ronir Carneiro – Coordenador Substituto da Coordenadoria de Zoneamento Agrícola da Secretaria de Política Agrícola do MAPA

Felipe Lopes Guerra – Fiscal, Técnico da Coordenadoria de Zoneamento Agrícola

Ministério do Desenvolvimento Agrário – MDA:

José Carlos Zukowski – Coordenador Geral de Gestão de Riscos e Seguro Agrícola, Secretaria de Agricultura Familiar

CPTEC/ INPE

Nelson Ferreira – pesquisador do CPTEC/INPE, em São José dos Campos.

José Antônio Aravéquia, chefe da Divisão de Operações do CPTEC/INPE, em Cachoeira Paulista.

Instituto de Gestão de Águas da Bahia - INGA: Heráclio Araújo, Salvador/BA.

II. Entrevistas por telefone

Unidades Descentralizadas de Pesquisa da Embrapa

- Aderson Soares de Andrade Jr. – Embrapa Meio Norte
- Carlos Ricardo Fietz – Embrapa Agropecuária Oeste
- Daniel Guimarães – Embrapa Milho e Sorgo
- Fernando Antônio Macena da Silva– Embrapa Cerrados
- Gilberto Cunha – Embrapa Trigo
- Isaac Cohen Antonio – Embrapa Amazonia Ocidental
- José Renato Bouças Farias – Embrapa Soja
- Magna Soelma Beserra de Moura – Embrapa Semi-Árido
- Patrícia Menezes – Embrapa Pecuária Sudeste
- Silvando Carlos da Silva – Embrapa Arroz e Feijão
- Silvio Steinmetz – Embrapa Clima Temperado

Parceiros externos :

Paulo C. E. Etchichury, Diretor da Southern Marine Weather Services S/C Ltda – Somar, em São Paulo

III. Relação de indivíduos consultados via questionários (enviados e recebidos por e-mail)

Francinete Francis Lacerda - Associação Instituto de Tecnologia de Pernambuco – ITEP

Marcelo J. Gama - Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental – SEDAM de Rondônia

Karim Quevedo Caina – Servicio Nacional de Meteorologia e Hdrologia Del Perú - SENAMHI

ANEXO III
Roteiros genéricos de entrevistas e
modelo do questionário aplicado

Roteiro genérico de entrevista presencial por pautas

As questões são abertas e foram customizadas em função do entrevistado selecionado e sua atuação na rede.

Nome/ Formação

Quando você passou a integrar a equipe do projeto Agritempo?

Quais eram suas atividades no projeto/ equipe?

Pergunta específica sobre a atividade desenvolvida pelo entrevistado (ação, interações, instituições envolvidas)

Discussão sobre o fluxo de dados relacionado ao sistema.

Discussão sobre o processo de geração de dados de previsão de tempo.

Quais os mecanismos de interação com os parceiros? A comunicação era centralizada?

Como era efetuada a divisão de tarefas entre os parceiros? Quais os critérios?

Quais as ferramentas de comunicação utilizadas?

Como eram resolvidos os conflitos na rede?

Informações adicionais fornecidas pelo entrevistado.

Roteiro de entrevista aplicada por telefone aos representantes de Unidades Descentralizadas da Embrapa

Tendo em vista que um dos propósitos era avaliar o papel de cada Unidade na rede mobilizada, as questões são detalhadas. A aplicação ou não das questões seguintes depende das respostas efetuadas anteriormente.

Nome do contato

Formação/ Atividade

O que motivou sua Unidade a participar desta rede?

Que tipo de atividades a Unidade executa no âmbito da parceria com a equipe do Agritempo?

Fornecer dados de estações meteorológicas para a base de dados do Agritempo?

Quantas Unidades são? São convencionais ou automáticas?

Para desenvolver as atividades de pesquisa, no âmbito da Unidade são utilizados os dados destas estações meteorológicas?

Para desenvolver pesquisas na Unidade são também utilizados dados da base do Agritempo?

São efetuadas extrações de dados via sistema (na internet ou por usuário e senha)?

São solicitados extratos de dados à equipe da Embrapa Informática Agropecuária?

São desenvolvidas pesquisas em parceria com a equipe da Embrapa Informática Agropecuária/ Cepagri (Unicamp)? Descrever

Estas pesquisas são pontuais ou se inserem em projetos de Macroprogramas da Embrapa?

A Unidade desenvolve outras pesquisas em Agrometeorologia? Se utiliza dos dados do Agritempo para estas pesquisas?

A Unidade pretende dar continuidade à parceria com a equipe do Agritempo em novas pesquisas?

Coordenação das atividades da rede? Como se dá a coordenação das atividades no âmbito desta rede?

Como se dá a divisão de tarefas entre os diferentes grupos de pesquisa? Por região, de acordo com a competência confirmada, por interesse do parceiro? Como se organizam os trabalhos?

Existe alguma hierarquia na divisão/ realização de atividades e comunicação na equipe? Qual o papel exercido pela liderança?

Quem são/ eram os contatos na equipe para os diferentes assuntos?

Quais são os meios de comunicação utilizados ao longo dos trabalhos? E-mail, telefone

Sinta-se à vontade para incluir comentários em relação à organização dos trabalhos em rede, especialmente relacionado ao sistema Agritempo.

Questionário enviado via e-mail aos parceiros externos
em casos de limitações de recursos para entrevistas presenciais

Nome do contato, instituição e data

O que motivou sua instituição a estabelecer relacionamentos com a rede de parceiros relacionada ao sistema Agritempo? (descreva)

Quais foram as atividades promovidas por sua instituição conjuntamente com os parceiros do sistema Agritempo? Por exemplo: participação em projeto de pesquisa, compartilhamento de dados, geração de estudos e/ou produtos em parceria, etc

Sua instituição participou da fase de desenvolvimento do sistema Agritempo e da consolidação da base de dados com cobertura nacional?

Sim Não

3.1 Em caso afirmativo, quais as formas de interação com a equipe deste projeto em rede?

Nenhum contato pessoal com os membros da equipe

Contatos ocasionais, por telefone, ou envio de e-mails eventuais, em encontros informais em Congressos e Eventos

Encontros presenciais regulares como a promoção de workshops (semestrais, anuais) com a participação da equipe de projeto

Em caso afirmativo: indicar a periodicidade e quantas vezes participou dos eventos presenciais.

3.2 Qual o conteúdo das relações estabelecidas?

Intercâmbio de dados meteorológicos. Em caso afirmativo indicar o tipo de estação ou instrumento utilizados, a quantidade e o tipo de dado coletado/ intercambiado.

Intercâmbio de pesquisadores para desenvolvimento de atividades ou treinamento por mais de 1 semana

Publicação conjunta em periódicos e congressos

Relações visando estudos e pesquisas conjuntas, envolvendo a participação em vários projetos de pesquisa subsequentes e/ou paralelos

Disponibilização de financiamento para projeto (recursos próprios)

Investimento em equipamentos para atuação em parceria (como estações

meteorológicas). Indicar o tipo de investimento.

() Submissão de projetos para instituições de fomento a fim de angariar recursos (Em caso afirmativo, indicar a instituição e o valor aproximado)

4. Caso tenha estabelecido relacionamentos mais recentes envolvendo o sistema Agritempo, assinale o conteúdo destes relacionamentos:

() Envio de dados para a base de dados do sistema (descreva abaixo)

() Dados de estação meteorológica ou outros equipamentos de medição, com periodicidade regular

() Dados correspondentes a séries históricas

() Envio de produto específico da sua instituição (boletim, mapa, previsão, etc)

() Participação em projetos de pesquisa correlatos, usando os dados do sistema ou fornecidos pela equipe. Citar o(s) projeto(s) em questão.

Outros:

5. Favor indicar quais os mecanismos utilizados para a gestão de atividades da equipe de projeto:

() reuniões presenciais de nivelamento de informação e divisão de trabalhos

() reuniões de avaliação de resultados

() acompanhamento por telefone ou e-mail

() disponibilização de informação e dados via website (FTP)

() divisão efetuada em função das competências dos membros da equipe (meteorologia, zoneamento de culturas específicas, Tecnologia de Informação)

() integração das competências disponíveis durante as fases do projeto

Outros:

6. Como se dava a comunicação para o desenvolvimento de atividades técnicas ou resolução de problemas.

() a comunicação era efetuada de forma hierárquica, tendo o líder do projeto posição de destaque nas decisões relativas aos parceiros.

() haviam interlocutores específicos para cada atividade envolvendo o sistema: interlocutores de TI, interlocutores responsáveis pelo encaminhamento de dados,

interlocutores responsáveis por novos estudos ou projetos. Comentar:

() a comunicação era livre entre os membros da equipe visando a resolução de problemas técnicos

6.1 Quais as ferramentas utilizadas para gestão das atividades em rede?

Reuniões presenciais/ e-mail/ telefone:/ skype/ outros (você pode incluir outras práticas, se lembrar, mesmo que não tenham dado certo)

6.2 Quais as ferramentas para gestão de conflitos entre os membros da rede?

6.3 Quais mecanismos eram / são utilizados para gestão de informações relativas ao projeto ou às ações em rede?

6.4 Havia facilidade em interagir com a pessoa responsável pela atividade desejada? Era necessário conversar com muitas pessoas antes de chegar ao interlocutor responsável?

6.5 Como se dava a divisão de tarefas entre as equipes de projeto? Possíveis critérios localização e competência específica de cada parceiro/ instituição, disponibilidade de pessoal/ tempo, etc

7. Fique à vontade para acrescentar informações que considere relevantes para a pesquisa, relacionada aos mecanismos de governança da rede do Agritempo bem como aos e fluxos de informação e conhecimento desenvolvidos nesta rede.

8. Em relação ao sistema Agritempo:

Como você avalia a forma de disponibilização das informações na página? A consulta é fácil? Você consegue encontrar facilmente as informações de que necessita?

Quais produtos/ dados sua instituição costuma consultar? Você e/ou sua equipe costumam seguir as recomendações/ informações divulgadas no *website* do sistema Agritempo?

9. Fique à vontade para acrescentar informações que considere relevantes sobre o seu relacionamento com o sistema Agritempo. Críticas ou elogios, são bem-vindos visando à melhoria do sistema.

ANEXO IV
Funcionalidades e módulos do sistema Agritempo

Sistema de Monitoramento Agrometeorológico – Agritempo

Funcionalidades e Módulos

O sistema Agritempo possui dois ambientes possui um ambiente público e uma área restrita, similar a uma intranet, para acesso de usuários cadastrados por intermédio de senha.

A **área pública** envolve uma interface do sistema informatizado de base *web* e está disponível para livre acesso de usuários *on-line* que podem consultar dados agrometeorológicos e informações na forma de mapas ou boletins.

A **área restrita** para acesso de usuários cadastrados oferece funcionalidades específicas como a entrada de dados no sistema, a geração de boletins com dados das estações de sua instituição, boletins estaduais, boletins regionais e nacionais e geração de mapas e produtos customizados.

Os principais produtos agrometeorológicos gerados pelo Agritempo são:

- **boletins agrometeorológicos regionais** incluindo monitoramento e previsão climática por região do país. Os **mapas de monitoramento**, gerados a cada 12 horas, envolvem: estiagem, estiagem agrícola, água disponível no solo, necessidade de reposição por chuva, precipitação e precipitação acumulada. Os **mapas de previsão**, também gerados de 12 em 12 horas, oferecem as seguintes informações: tratamento fitossanitário, necessidade de irrigação, evapotranspiração, temperaturas (média, mínima média, máxima média, mínima e máxima absoluta), condições para manejo do solo, condições para colheita, previsões de temperatura mínima e média (para o dia, 24, 47, 72 e 96 horas), previsão de precipitação (para o dia, 24, 47, 72 e 96 horas).
- o sistema oferece **boletins agrometeorológicos para as diversas regiões** do país (norte, nordeste, centro-oeste, sudeste e sul);
- **boletim regional histórico**, que apresenta um quadro indicativo das disponibilidades de água no solo das diferentes cidades do Estado as condições para o preparo do solo e para práticas agrícolas;

- **pesquisa de dados** por Estado/ estação meteorológica, apresentados na forma de tabela;
- **sumário**, envolvendo a análise de dados agrupados por meses ou anos, oferecendo informações sobre temperatura máxima e mínima, precipitação e disponibilidade de água no solo;
- **gráficos**, gerados em função da seleção de uma cidade/ estação meteorológica, oferecendo informações sobre temperatura, precipitação e disponibilidade de água no solo;
- **mapas de Índice de Seca** (Standardized Precipitation Index – SPI) que quantificam o déficit ou excesso de precipitação em função de diferentes escalas de tempo (de 5 a 30 dias e de 1 a 6 meses);
- **sumário de séries históricas**, ferramenta que permite construir uma tabela descritiva dos dados registrados das estações pluviométricas de um determinado Estado, em um determinado período de tempo (mês, quinzena, decêndio);
- **mapas de séries históricas** complementam a funcionalidade anterior, permitindo a visualização de dados históricos de chuva na forma de mapas;
- mapas contemplando o **Zoneamento Agrícola** referente ao Estado na forma de árvore hiperbólica⁴⁰ (destacando os municípios e as datas favoráveis de plantio para cada cultura);
- **mapa de probabilidade de chuvas**;

⁴⁰ A árvore hiperbólica é um tipo de mapa conceitual para representação de informações e relacionamentos hierárquicos estabelecidos. Os componentes diminuem e aumentam de tamanho exponencialmente. Em relação à representação do Zoneamento, cada nó indica uma cultura e os sub-nós informam as portarias publicadas pelo MAPA e indicam as datas de plantio (BARADEL E ROMANI, 2007).

- imagens e produtos desenvolvidos a partir das **imagens de satélite National Oceanic Atmospheric Administration- NOAA** captadas por intermédio do sensor Advanced Very High Resolution Radiometer – AVHRR, por antena de posse do Cepagri/ Unicamp. Este satélite disponibiliza entre 10 e 12 imagens, a cada 2 horas. Os produtos oferecidos no website do Agritempo são **Cenas AVHRR-NOAA-Brasil, Produtos AVHRR-NOAA, Composições Mensais de NDVI AVHRR-NOAA, Perfil espectral agrícola NDVI AVHRR-NOAA**. Os produtos disponibilizados se referem a Banda 2 - Infra-vermelho próximo, Composição RGB, Máscara de Nuvens, NDVI, Temperatura de Superfície, Albedo de Superfície;
- o sistema disponibiliza um **mapa de solos** exploratório do Estado de São Paulo;
- possibilidade de **download de publicações** da equipe de trabalho e divulgação estudos e pesquisas;

Alguns produtos são oferecidos no *website* do Agritempo por outras instituições ou indivíduos:

- **mapa de produção por Estado e por cultura**, produto gerado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – **IBGE** por intermédio do Sistema de Recuperação Automática – SIDRA. Oferece a geração de mapas que informam sobre as principais produções agrícolas do país;
- **boletins agroclimáticos** para avaliação de impactos nas culturas são disponibilizados pela Companhia Nacional de Abastecimento – **CONAB**, do MAPA;
- *links* para dois sistemas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – **INPE**: o **CANASAT**, que efetua o mapeamento da cana de açúcar por intermédio de imagens de satélite, e o **Topodata**, que se constitui como um banco de dados geomorfométricos do Brasil (referem-se a dados topográficos e suas derivações básicas);
- ferramentas desenvolvidas pela **Embrapa Trigo: Estatística do Clima**, para o Rio Grande do Sul – RS e **Monitoramento de Trigo**, para Passo Fundo;

- **download gratuito do software WinMeteoro versão 1.0 e do livro “Meteorologia e Climatologia”**. Tanto o software quanto o livro são de autoria de Mário Adelmo Varejão-Silva. O WinMeteoro é um programa educativo em meteorologia e climatologia, de utilização livre. Tanto o software quanto o livro buscam facilitar a compreensão de conceitos essenciais deste campo, constituindo-se em um complemento às aulas de meteorologia, climatologia e disciplinas correlatas. São ferramentas importantes de divulgação científica e formação profissional na área.

Alguns produtos são oferecidos no ambiente de acesso restrito, com usuário e senha como o Módulo de **Penalização de Culturas**, que estima o efeito da deficiência hídrica sobre a produtividade de culturas.

Outros produtos são:

- módulo **Planilha de Outorga de Água**, destinado à Agência Nacional de Águas - ANA, a fim de calcular a quantidade de água em metros cúbicos para irrigação, envolvendo diversos períodos do ano e o território brasileiro. Este software permitiu agilizar o processo de análise da outorga de recursos hídricos pela ANA;
- módulo para **monitoramento e alerta da ferrugem asiática da Soja**, em parceria com a **Embrapa Soja** que permite efetuar consultas e inserir dados, visualizando as informações por intermédio da geração de mapas e animações gráficas. É um módulo de acesso restrito;
- **sistema de previsão de safra de soja**, desenvolvido em parceria com, de forma integrada ao projeto **Geosafra**, da **CONAB**, órgão que gerencia o abastecimento de alimentos no Brasil. Este projeto visa acompanhar o andamento da produção no País por intermédio da estimativa de áreas cultivadas e da produtividade de lavouras com uso de geotecnologias, a fim de interpretar fatores que determinam o rendimento da produção diante das condições climáticas. É um produto de acesso restrito, com usuário e senha.

Um produto desenvolvido pelos parceiros Embrapa Informática Agropecuária, Cepagri/Unicamp e CPTEC/INPE é o *website* “**Meteorologia para Agricultura**”. Esta página apresenta diversos produtos meteorológicos e agrometeorológicos que foram desenvolvidos no CPTEC e/ou por outras instituições colaboradoras. Este *website* disponibiliza informações sobre o Zoneamento Agrícola oriundas do Agritempo, informações sobre Monitoramento, Produtos de Satélite, Projetos desenvolvidos, Monitoramento Agrometeorológico do Café, Previsão Climática, Previsões Meteorológicas, Informações sobre Estações do Ano, Previsão a Médio Prazo. Oferece mapas do Brasil com a previsão Ensemble (por conjuntos⁴¹), Dados do Hidroestimador, Temperatura Mínima e número de dias sem chuvas. O sistema disponibiliza ainda Avisos Agrometeorológicos, Artigos Especiais e um Sistema de Avisos e Alertas ativado quando os meteorologistas do CPTEC identificam a probabilidade de ocorrência de algum evento climático.

Espelhos do sistema foram implantados na Coordenadoria de Zoneamento Agrícola do MAPA (em 2006) e no INMET (em 2009). **Um espelho é uma cópia do sistema e de sua base de dados**⁴². Apesar de aumentarem as tarefas de manutenção e atualização de bases de dados, os espelhos podem ser uma boa estratégia de segurança de dados tendo em vista localizarem-se em outras localidades com base de equipamento própria. Em caso de sinistros nas instalações onde se localiza o servidor principal do sistema, como um incêndio, por exemplo, a base de dados do sistema e o sistema em si estariam salvaguardados.

41 A previsão por conjuntos (COLTRI ET AL, 2007) tem como principal função fornecer previsão de probabilidade de chuvas acima de dez milímetros em todo o território nacional.

42 Um espelho se refere a “discos espelhados”, como se fosse um reflexo de um *hard disk* criado em outro *hard disk* como se fosse uma cópia de segurança do primeiro, copiando todas as configurações e arquivos existentes.

ANEXO V

Relação das organizações que integram a rede mobilizada pelo Sistema Agritempo

Relação de organizações integrantes da rede mobilizada pelo sistema Agritempo

Organizações coordenadoras (liderança institucional) : responsáveis pelo efetivo desenvolvimento do sistema e pela construção e manutenção da sua base de dados.

- **Embrapa Informática Agropecuária – CNPTIA, e o**
- **Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas aplicadas à Agricultura – Cepagri** da Universidade Estadual de Campinas – Unicamp.

Unidades Descentralizadas de Pesquisa da Embrapa (11)

- Embrapa Agroindústria Tropical – CNPAT, Fortaleza/CE;
- Embrapa Agropecuária Oeste – CNPAO, Dourados/MS;
- Embrapa Algodão – CNPA, Campina Grande/PB;
- Embrapa Arroz e Feijão – CNPAF, Santo Antônio de Goiás/GO;
- Embrapa Cerrados, Planaltina/ DF;
- Embrapa Clima Temperado – CPACT, Pelotas/RS;
- **Embrapa Informática Agropecuária – CNPTIA, Campinas/SP (coordenadora);**
- Embrapa Milho e Sorgo – CNPMS, Sete Lagoas/MG;
- Embrapa Soja – CNPSO, Londrina/PR;
- Embrapa Solos – CNPS, Rio de Janeiro/RJ;
- Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju/SE;
- Embrapa Trigo – CNPT, Passo Fundo/RS.

Instituições vinculadas diretamente ao Governo Federal (8):

- Agência Nacional de Águas – ANA;
- Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL;
- Instituto Nacional de Meteorologia – INMET
- Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC vinculado ao Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais – INPE;
- Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT;
- Coordenadoria de Zoneamento Agrícola, vinculada ao Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento – MAPA;
- CONAB, vinculada ao MAPA;
- Ministério do Desenvolvimento Agrário – MDA.

Instituições estaduais (6)

- Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios – APTA (SP), por intermédio do Instituto Agrônomo de Campinas – IAC, e do Instituto de Zootecnia – IZ;
- Companhia Energética de Minas Gerais (MG);
- Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola – EBDA (BA);
- Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina – EPAGRI (SC);
- Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária - FEPAGRO (RS);
- Instituto Agrônomo do Paraná – IAPAR (PR).

Secretarias e organismos vinculados a governos estaduais (7)

- Associação Instituto de Tecnologia de Pernambuco – ITEP-OS (Organização Social) vinculado por contrato com a Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente do Estado de Pernambuco;
- Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAEE, vinculado ao Governo do Estado de São Paulo;

- Instituto de Gestão de Águas e Clima – INGA vinculado à Secretaria do Meio Ambiente do Estado da Bahia – SEMA;
- Instituto Florestal, vinculado à Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo;
- Instituto Tecnológico SIMEPAR, vinculado à Secretaria de Ciência, Tecnologia e Ensino Superior do Estado do Paraná;
- Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental – SEDAM do Estado de Rondônia;
- Secretaria de Planejamento do Estado de Sergipe – SEPLAN.

Universidades (3)

- **Universidade Estadual de Campinas – Unicamp (coordenadora);**
- Universidade Estadual Paulista – UNESP;
- Universidade de São Paulo – USP por intermédio do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas e da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ.

Empresas privadas (4)

- Bayer;
- Canal Rural , vinculado ao grupo RBS;
- Fundação Educadora de Comunicação – FEC;
- SOMAR Meteorologia.

Instituição internacional (1)

- *Servicio Nacional de Hidrologia e Meteorologia del Peru - SENAMHI*